

# WZB – discussion paper

Christian Scherf

## **Die postfossile Blackbox**

Alternative Antriebsaggregate im Rückspiegel  
vergänger Verkehrsvorhaben

---

SP III 2008-103

[scherfchris@gmail.com](mailto:scherfchris@gmail.com)

**ZITIERWEISE/CITATION:**

Christian Scherf

**Die postfossile Blackbox**

Alternative Antriebsaggregate im Rückspiegel  
vergängerer Verkehrsvorhaben

**Discussion Paper SP III 2008-103**

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (2008)

**Schwerpunkt:**

Gesellschaft und  
wirtschaftliche Dynamik

**Research Area:**

Society and Economic Dynamics

**Abteilung:**

Innovation und Organisation

**Research Unit:**

Innovation and Organization

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH (WZB)

Reichpietschufer 50, D-10785 Berlin

Telefon: +49 30 25491-201, Fax: +49 30 25491-209

[www.wzb.eu/gwd/inno](http://www.wzb.eu/gwd/inno)

## Zusammenfassung

Innovative *Expertensysteme* stehen als Teil von *sozio-technischen Konstellationen* vor der Herausforderung, Neues mit Altem zu verbinden. Die bestehenden Konstellationen lassen sich dabei als *Blackbox* beschreiben, da sie unhinterfragt bleiben, so lange sie nicht von Experten problematisiert und neu verhandelt werden. Am Ende muss jedoch ein Beschluss erfolgen, um Sicherheit und Vertrauen gegenüber den Laien wieder herzustellen. Wissenschaftliche, technische und wirtschaftliche Experten des Verkehrsvorhabens *Clean Urban Transport for Europe* beziehen diese Blackbox-Eigenschaft mit ein. Sie versuchen, die Innovation der mobilen Brennstoffzelle nach dem *Add-On-Prinzip* in bestehende Infrastrukturen hinein zu implementieren, d.h. hergebrachte Eigenschaften des öffentlichen Busverkehrs, z.B. zentrale Betankung und planbarer Betrieb können weiterhin genutzt werden. Das *Henne-Ei-Problem*, dass keine Infrastruktur ohne Fahrzeug und kein Fahrzeug ohne Infrastruktur Sinn macht, soll so überwunden werden. Zwischen den Experten entsteht jedoch neuer Aushandlungsbedarf, was sich rückblickend am gescheiterten Projekt des französischen Elektrofahrzeugs zeigen lässt. Der wieder entdeckte Batteriebetrieb gilt heute zunehmend als Alternative zur Brennstoffzelle, was eine Schließung des Verhandlungsraumes zusätzlich erschwert.

## Abstract

As a component of socio-technical constellations, innovative *expert-systems* face the challenge of combining new ideas with old concepts. Existing constellations can be considered as *black-boxes* because they are taken for granted as long as they have not been questioned by experts or become the subject of negotiation. There is a necessity to find a solution to the problem of how to create certainty and trust for the layperson. Experts in the fields of science, technology and economics have incorporated these qualities of black-boxes in their transportation project Clean Urban Transport for Europe. An important aim of this project is to find ways to implement the innovation of the mobile fuel-cell into existing infrastructure. This means that traditional features of public transport systems, e.g. central petrol filling stations, and reliable timetables and routes can still be retained, thereby solving the problem of the chicken or the egg: no infrastructure without a vehicle, and no vehicle without the necessary infrastructure. The need for further negotiations has emerged, as can be seen with regard to the failure of the French electric vehicle project. The battery operated vehicle has been rediscovered, and is increasingly being considered as an alternative to the fuel-cell, thus serving to keep the debate open for quite some time.



# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	9
2.	Der Einsatz von Brennstoffzellenbussen in europäischen Metropolen.....	10
2.1	Hemmnisse beim Öffnen einer Blackbox .....	11
2.2	Der Diskurs um einen nachhaltigen Verkehr .....	12
2.3	Die Erscheinung des Busses als Blackbox .....	13
2.4	Der Innenbereich der Blackbox Brennstoffzellenbus .....	15
2.5	Die Blackbox als Expertensystem.....	19
2.6	Das Busprojekt als „techno-ökonomisches Netzwerk“ .....	19
2.7	Die sozio-technischen Bedingungen vor Ort (Hamburg, Madrid, Stockholm).....	23
2.8	Bezüge zwischen dem überlokalen Netzwerk und den lokalen Bedingungen.....	26
3.	Rückblick: Die Idee von der Elektrifizierung des französischen Stadtverkehrs.....	28
3.1	Ein Verkehrsvorhaben im Rückspiegel.....	28
3.2	Batterien als Blackbox .....	29
3.3	Ein Energiekonzern als visionärer Netzwerker? .....	30
3.4	Gemeinsam sind wir stärker!.....	31
3.5	Renault sprengt das Netzwerk.....	31
3.6	EDF und Renault heute .....	32
4.	VEL und CUTE im Vergleich.....	33
4.1	Differieren ist Handwerk, Integrieren ist Kunst! .....	35
4.2	Können wir aus der Vergangenheit lernen? .....	36
5.	Zukünftige Verkehrsvorhaben als Inseln im Möglichkeitsraum.....	37
5.1	Der Symbolgehalt von Wasserstoff.....	37
5.2	Nischen als Zündfunken.....	37
5.3	Die Schaffung eines Verhandlungsraums .....	38
5.4	Neuland schaffen! .....	40
6.	Fazit und Ausblick .....	42
7.	Literaturverzeichnis.....	44

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Der BZ-Bus als Blackbox .....	13
Abbildung 2: Gestaltung der Buskarosserie. Wissenschaftliche Formeln werden zu werbewirksamen Gestaltungselementen.....	14
Abbildung 3: Wasserdampffahne beim Einsatz des BZ-Busses. Randerscheinungen der Technik werden zu Kristallisationspunkten der Aufmerksamkeit. ....	15
Abbildung 4: Inszenierung zur Einführung des BZ-Busses.....	16
Abbildung 5: „Innenleben“ des BZ-Busses .....	17
Abbildung 6: Die innovativen Komponenten des BZ-Busses .....	18
Abbildung 7: Die Brennstoffzelle ist abermals eine Blackbox .....	19
Abbildung 8: Übersicht der städtischen, industriellen und akademischen Partner im CUTE- Projekt.....	21
Abbildung 9: Die europäischen Teilnehmerstädte des CUTE-Projekts.....	24
Abbildung 10: Zusammenstellung einzelner Komponenten in der sozio-technischen Konstellation der „Akteur-Welt“ EDF .....	35
Abbildung 11: Postfossile Tankstelle nach der Schweizer Gruppe „Idea-Team“ .....	39
Abbildung 12: Die Insel im Möglichkeitsraum.....	41
 Tabelle 1: Europäische Flottenversuche mit batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen.....	 33

## Abkürzungsverzeichnis

ANT	=	Akteur-Netzwerk-Theorie
BUND	=	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
BZ	=	Brennstoffzelle(n)
CGE	=	Compagnie Générale Électrique (elektrotechnisches Konglomerat im Frankreich der 1970er Jahre)
CUTE	=	Clean Urban Transport for Europe
DGRST	=	Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (1958 von Charles de Gaulle mitinitiiertes franz. Forschungszentrum)
EDF	=	Electricité de France (vormals staatliche Elektrizitätsgesellschaft Frankreichs)
EMT	=	Empresa Municipal de Transportes de Madrid (Nahverkehrsbetrieb der Stadt Madrid)
EU	=	Europäische Union
HEW	=	Hamburger Elektrizitätswerke (heute Vattenfall)
HH <sub>2</sub>	=	Werbekürzel einer Brennstoffzellen-Kampagne der Hansestadt Hamburg (HH) für den Einsatz von Wasserstoff (H <sub>2</sub> ) als Antriebsquelle
HVV	=	Hamburger Verkehrsverbund
ÖPNV	=	Öffentlicher Personennahverkehr
VEL	=	Véhicule Électrique (französische Bezeichnung für ein Elektrofahrzeug)





## 1. Einleitung<sup>1</sup>

Das Thema Klimawandel geht um die Welt. Das ökologische Bewusstsein wird zum ökonomischen Argument, das die Fahrzeughersteller<sup>2</sup> dazu veranlasst, auf alternative Entwicklungen einzugehen. Der Markterfolg fortgeschrittener Hybridfahrzeuge zeigt neue Wege auf, die von den Insassen praktisch „erfahren“ werden können. Daran haben alternative Antriebsaggregate einen zentralen Anteil. Der Elektrobetrieb, eigentlich ein alter Hut aus den Anfängen der Motorisierung, gelangt dank des Speichermediums Wasserstoff und immer leistungstärkerer Batterien zu neuen Ehren. Die Markterfolge und neue Techniken wecken die Hoffnung, dass die Verkehrswende zu mehr Nachhaltigkeit eingeleitet wird.

Und doch bleibt die Frage: Warum fällt es uns so schwer, Entwicklungen zu beeinflussen, für deren Folgen wir doch selbst verantwortlich sind? Dem Wissen um die Endlichkeit der Ressourcen zum Trotz, beweisen die sozio-technischen Konstellationen um den ölbasierten Verbrennungsmotor eine zähe Beharrlichkeit. Die mobile Brennstoffzelle und ihr Antriebsmittel Wasserstoff, der große Energie- und Hoffnungsträger, scheinen einfach nicht aus den Kinderschuhen zu kommen.

Im vorliegenden Discussion Paper setze ich mich mit den Hemmnissen der technischen Artefakte Batterie und Brennstoffzelle auseinander und zeige Versuche der Weiterentwicklung. Anhand zweier Fallbeispiele, in denen Expertensysteme<sup>3</sup> den Widerständen etablierter Techniken etwas Neues entgegensetzten, zeigt sich, wie bestehende sozio-technische Konstellationen<sup>4</sup> aufgebrochen werden. Die Verfolgung vielfältigster Ziele und Wünsche kann durch die Blackbox-Metapher erleichtert werden. Hierunter verstehe ich Situationen, in denen der Sachstand von Techniken als weitgehend unhinterfragt akzeptiert wird. Die Frage lautet: Wie werden vertraute Konstellationen für Alternativen geöffnet, Kontroversen um die Ausfüllung des „Vakuums“ ausgetragen und schließlich Möglichkeitsräume erschlossen, die wieder als selbstverständlich akzeptiert werden? Im Mittelpunkt der beiden Fallbeispiele steht also der „Spannungsbogen“ vom Vertrauensbruch über die Problematisierung bis hin zu Ansätzen erneuter Normalisierung. Auf dem Höhepunkt des Bogens steht eine ambivalente Situation aus erbitterten Kontroversen und vertrauensbildenden Maßnahmen.

Im ersten Abschnitt werde ich anhand eines aktuellen Beispiels illustrieren, wie weit die Initiativen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik gediehen sind und

---

1 Das vorliegende Discussion Paper entstand im Rahmen eines Praktikums bei der Abteilung Innovation und Organisation am WZB. Ich danke den Mitarbeitenden für die freundliche Unterstützung.

2 Soweit es sich im Folgenden um natürliche Personen handelt, ist die weibliche Form stets mitgemeint.

3 Unter Expertensystem verstehe ich mit Anthony Giddens „[...] Systeme technischer Leistungsfähigkeit oder professioneller Sachkenntnis, die weite Bereiche der materiellen und gesellschaftlichen Umfelder, in denen wir heute leben, prägen.“ (Giddens 1996: 40f.)

4 Zum Begriff der sozio-technischen Konstellation siehe Rammert (2003).

welche Hindernisse sich auftun. Es handelt sich dabei um das Projekt „Clean Urban Transport for Europe“, kurz: CUTE, dessen Ziel darin besteht, die Brennstoffzelle durch die Nischenanwendung des städtischen öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) auf Erfolgskurs zu bringen. Dabei kommt es zu einem Zusammentreffen von wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Motiven.<sup>5</sup>

Im zweiten Abschnitt werde ich diesen Erfolg versprechenden Ansatz mit einem anderen Fallbeispiel der jüngeren Zeitgeschichte kontrastieren, das Michel Callon, ein französischer Innovationsforscher und früher Vertreter der Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT), bereits vor mehr als 20 Jahren beschrieb. Die Wissenschaftsförderung und der staatliche Energiekonzern seiner Heimatnation verfolgten in den Jahren zwischen 1960 und 1975 den ehrgeizigen Plan, Frankreichs Stadtverkehr in ein postfossiles Zeitalter zu katapultieren. Als Schlüssel war das batteriebetriebene Elektrofahrzeug auserkoren, dem schließlich die mobile Brennstoffzelle folgen sollte. Doch die hochfliegenden Pläne scheiterten, da wesentliche Akteure nicht mitwirken konnten, ohne ureigene Positionen zu verraten.

Im dritten Abschnitt wende ich mich schließlich den Zukunftsaussichten aktueller Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Projekte zu. Die Befunde führen zu einer Betrachtungsweise, die den Innovationsprozess weniger als lineare „Einbahnstraße“ nachzeichnet, sondern ihn eher als eine „Insel im Möglichkeitsraum“ unter vielen anderen abbildet. Im Sinne des Eingangszitats illustriert dies eine Perspektive, aus der sich das Realisierungspotenzial von Innovationen als Teilmenge des theoretisch Denkbaren darstellt. Unbestimmt ist diese Menge jedoch nur in der Theorie. Sobald es an die praktische Verbreitung geht, entfaltet sich ein Zirkel aus den unterschiedlichen Beweggründen der Beteiligten. Über die ideelle wie materielle Durchsetzung von Innovationen entscheiden schließlich das Ineinandergreifen und die gegenseitige Verstärkung von wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Motiven. Die Wechselwirkungen zwischen Aufmerksamkeit und Normalisierung sowie zwischen Konzentration und Expansion werden als zentrale Bewegungsmomente herausgearbeitet.

## **2. Der Einsatz von Brennstoffzellenbussen in europäischen Metropolen**

Ein Ausgangspunkt der sozialwissenschaftlichen Technikbetrachtung besteht in der Ambivalenz von Dependenz und Desinteresse, die sich anhand der sozialen Einbettung von materiellen Alltagstechniken zeigen lässt. Dadurch offenbart sich weniger eine vernachlässigte Reflektion der Forschung, als vielmehr die latente Ausblendung technikhärender Funktionszusammenhänge, der wir alle unterliegen, wenngleich wir auf das Funktionieren der Technik vertrauen und davon abhängen. Dies lässt sich besonders bei routinierter, intu-

---

5 Unter „Motiv“ wird im Folgenden der Beweggrund für die Zielsetzung verstanden, die Innovation voranzutreiben. Die Gründe sind dementsprechend entweder wissenschaftliche, technische oder wirtschaftliche Prämissen.

itiver Techniknutzung beobachten, der die Nutzer in der Regel keine besondere Bedeutung beimessen.

## **2.1 Hemmnisse beim Öffnen einer Blackbox**

Eine Busfahrt im ÖPNV ist ein solch vertrautes Beispiel. Das Interesse der Fahrgäste gilt gewöhnlich der zügigen und reibungslosen Fahrt von A nach B. Wie diese im Einzelnen zustande kommt und vonstatten geht, ist für sie meist von untergeordneter Relevanz, obwohl die Wirkungszusammenhänge ihren Wunsch nach technisch vermittelter Distanzüberbrückung überhaupt erst ermöglichen. Schon Max Weber nutzte in seiner Rede über „Wissenschaft als Beruf“ das Beispiel des öffentlichen Verkehrs, um die Diskrepanz zwischen dem wissenschaftlich orientierten Technikeinsatz und der individuellen Kenntnis der Lebensbedingungen zu veranschaulichen:

*„Wer von uns auf der Straßenbahn fährt, hat – wenn er nicht Fachphysiker ist – keine Ahnung, wie sie das macht, sich in Bewegung zu setzen. Er braucht auch nichts davon zu wissen. Es genügt ihm, dass er auf das Verhalten des Straßenbahnwagens ‚rechnen‘ kann, er orientiert sein Verhalten daran; aber wie man eine Trambahn so herstellt, dass sie sich bewegt, davon weiß er nichts.“<sup>6</sup>*  
(Weber 1995/1919: 18)

Selbst das Fahrpersonal braucht nicht zwingend über jedes technische Detail des Fahrzeugs informiert zu sein, obwohl dessen berufliche Aufgabe die technisch vermittelte Fortbewegung ist.

Um Ausblendungen des stillschweigenden Vertrauens soziologisch zu erfassen, ist die Metapher der Blackbox gebräuchlich. Bruno Latour, auf dessen Begriffsauslegung ich mich dabei beziehe, verwendet den Ausdruck zudem in der Aktivform des so genannten „Blackboxing“. Auch diese Beobachtung ist nicht neu. Technisch verursachte Eingriffe in soziale Handlungsabläufe verlieren ihre irritierende Wirkung im Bewusstsein der Handelnden, wenn sie zur vertrauten Alltagsroutine werden. Diese „Verdunklung“ passiert nach Latour aber nicht unweigerlich. Scharfsinnige Beobachter und fachkundige Experten können gleichsam „Licht ins Dunkel der Technik“ bringen. Dies geschieht vor allem dann, wenn Funktionsausfälle oder Fehlfunktionen die Aufmerksamkeit der Nutzer nach sich ziehen und in schweren Fällen Spezialisten zur Behebung der Störungen herangezogen werden müssen (Latour: 1998a: 39ff.; 2002: 222ff.). Das Versagen der Technik, oder allgemeiner, Krisen des Technikgebrauchs, machen uns bewusst, wie groß das Vertrauen ist, das wir implizit in die dahinter stehende Sachkenntnis setzen. Der von Weber beschriebene Durchschnittsanwender bewegt sich in Sphären, für deren ganzheitliches Verständnis er auf besondere Wissensvorräte zurückgreifen müsste, die in der Regel aber besonderen Experten vorbehalten sind. Dieses Expertenwissen existiert, wie Anthony Giddens betont, innerhalb von umfassenden Expertensystemen:

*„Sobald ich das Haus verlasse und mich ins Auto setze, begeben mich in Umgebungsbedingungen, die tief von Expertenwissen durchdrungen sind, wozu unter anderem die Planung und der Bau*

---

6 Dieses Zitat – sowie alle nachfolgenden – wurden der Homogenität halber an die neue deutsche Rechtschreibung angeglichen.

*von Automobilen, Autobahnen, Straßenkreuzungen, Verkehrsampeln und viele weitere Elemente gehören. [...] Von der technischen Seite des Straßenbaus, der Wartung der Straßendecke oder den zur Verkehrsüberwachung eingesetzten Computern habe ich kaum eine Ahnung.*“ (Giddens 1996: 41f.)

Das Beispiel macht deutlich, dass das Bild der Blackbox nicht auf einzelne Artefakte beschränkt ist.<sup>7</sup> Ganze Artefaktbündel, bis hin zu großtechnischen Systemen, sind in ihrer Komplexität von den Nutzern nicht vollständig nachvollziehbar. Ob im Auto oder per ÖPNV: Sie fahren fast blind, denn der Eingriffsraum von Laien ist eng begrenzt. Der Rest liegt gleichsam im Dunkeln und es bedarf großen Vertrauens in das vernetzte Wissen einer Vielzahl von Experten, um die Fahrt dennoch anzutreten.

## **2.2 Der Diskurs um einen nachhaltigen Verkehr**

Auch auf der Makroebene des materiellen Verkehrs gibt es Krisen, deren Problematisierung uns die Abhängigkeiten zumindest punktuell bewusst machen. Da sie jedoch in ihrer wissenschaftlichen Diagnostizierbarkeit wie auch in ihrer sozialen Wahrnehmung, einem zeitgeschichtlichen Wandel unterliegen, kann nur mit erheblicher Zeitverzögerung auf sie reagiert werden. Noch vor wenigen Jahrzehnten war es kein besonderes Thema, dass der Energieverbrauch von Verbrennungsmotoren zur Verknappung endlicher Ressourcen und seine Emissionen zur Veränderung der Erdatmosphäre beitragen. So wurde beispielsweise kein direkter Bezug zwischen der Auflösung der lebenswichtigen Ozonschicht und den ökologischen Potenzialen der Brennstoffzelle gezogen, wie dies heute trotz aller Zweifel getan wird.<sup>8</sup> Die energiepolitische Sensibilisierung aufgrund der Rohstoff- und Umweltkrisen der 70er und 80er Jahre des 20. Jahrhunderts nahmen Soziologen, die mit dem Bild der Blackbox operierten, zum Anlass, das Aufbrechen von hergebrachten Verkehrskonzepten zu untersuchen.<sup>9</sup> Mittlerweile hat dieses Thema die Dimension eines sozio-politischen Diskurses über die Realisierungschancen alternativer Antriebs- und Verkehrstechniken erreicht. Dieser umfasst zugleich wissenschaftliche, technische und wirtschaftliche Aspekte.<sup>10</sup>

---

7 Giddens nutzt stattdessen die Vorstellung von der „unüberwindbaren Enigma“ (Änigma = Rätsel), um die Intransparenz der Moderne zu versinnbildlichen (vgl. Giddens 1996: 68). „Enigma“ war im Zweiten Weltkrieg die Bezeichnung für einen deutschen Dechiffrierapparat, durch den verschlüsselte Nachrichten rückübersetzt werden konnten. Ohne diesen Apparat war es aufgrund der großen Menge an Kombinationsmöglichkeiten sehr schwierig, den zu Grunde liegenden Code zu verstehen.

8 Angesichts dessen ist es bemerkenswert, dass dem Entdecker des Brennstoffzellenprinzips, Christian Friedrich Schönbein (1799-1868), nicht nur das Experiment zugeschrieben wird, das den Zusammenhang zwischen Wasserstoff, Sauerstoff und Elektrizität herstellte, sondern zugleich die Entdeckung des Gases Ozon, das bei einem seiner vielen Versuche freigesetzt wurde (TUHH 1991; EBZ 2005). Schönbein erahnte bereits, dass dieses Gas ein entscheidender Faktor für den Zustand der Erdatmosphäre ist (Kahlbaum 1900: 10; TUHH 1991). Den kausalen Rückschluss auf den Einsatzbedarf der Brennstoffzelle konnte er vor dem historischen Hintergrund des technischen Fortschrittsglaubens und des mangelnden ökologischen Bewusstseins im 19. Jahrhundert nicht ziehen. Die Brennstoffzelle bzw. der Wasserstoff hatte als Antriebsquelle (noch) keine Zukunft. Das Rennen machte einstweilen der Verbrennungsmotor.

9 Siehe beispielsweise Callon (1983, 1986, 1987) und Latour (1996b, 1998b) als Vertreter der Akteur-Netzwerk-Theorie.

10 Zum Thema Brennstoffzelle siehe etwa Weider/Metzner/Rammler (2003, 2004) sowie Rammler/Weider (2005). Einen populärwissenschaftlichen Überblick zu alternativen Verkehrsansätzen liefert Vester (1999).

Insgesamt wird ein zunehmender Handlungsdruck bei der Suche nach einem neuen Transport-Paradigma konstatiert (Sperling/Cannon 2004: 7).

Welche Auswirkungen haben dieser Perspektivenwechsel und der daraus resultierende Handlungsdruck auf scheinbar unmerkliche Innovationen im Nahbereich? Eine dieser Nischen-Innovationen ist der mit Brennstoffzellen betriebene Nahverkehrsbus (kurz: BZ-Bus), der seit dem Jahre 2003 in zahlreichen europäischen Metropolen zum Alltag von schätzungsweise vier Millionen Fahrgästen gehört (Grotelüschen 2006; Lehmann/Gnoth 2006). Dies ist ein so genanntes „Add-On-Prinzip“, d.h. die Innovation wird von den Experten in eine vertraute sozio-technische Konstellation implementiert (hierzu mehr in Kapitel 5).

In den letzten Jahren sind erste Erfahrungsberichte seines Einsatzes unter Praxisbedingungen erschienen (Christmann/Ring 2004; DaimlerChrysler 2005). Zudem haben Konferenzen zur Evaluation der gesammelten Erfahrungen stattgefunden.<sup>11</sup> Nachfolgend werde ich zunächst die Innovation des Artefakts Brennstoffzellenbus darstellen, um danach auf das umfassende Expertensystem einzugehen.

## **2.3 Die Erscheinung des Busses als Blackbox**

Wenn man den Brennstoffzellenbus rein äußerlich betrachtet, wird ersichtlich, dass er sich nicht sonderlich von einem herkömmlichen Dieselbus unterscheidet (siehe Abbildung 1).

**Abbildung 1: Der BZ-Bus als Blackbox**



**Quelle: Lozano 2006: 10**

Selbst die Promotoren des neuartigen Busses zeigten sich verblüfft, wie verborgen die Neuerungen sind. So äußerte etwa der Busverkehrsbetriebsleiter der *Hamburger Hochbahn*, Wolfgang Marahrens, während einer ersten Demonstrationsfahrt: „*Seine Fahrdynamik unterscheidet sich in keinster Weise von der unserer Dieselsebusse.*“ (DaimlerChrysler 2002: 46)

---

<sup>11</sup> CUTE-Konferenzen fanden am 19. September 2005 unter dem Titel „Hydrogen – the Fuel of the Future?!“ in Stockholm und am 10./11. Mai 2006 in Hamburg mit dem Thema „The Future of Clean Transportation“ statt.

Und Prof. Jorge Freire de Sousa, Vorstandsmitglied der portugiesischen *Sociedade de Transportes Colectivos do Porto*, meinte: „Ich schließe meine Augen und kann keinen Unterschied zu einem Dieselbus feststellen – außer, dass das Fahrzeug viel weniger Lärm verursacht.“ (ebd.)

In Anlehnung an Latours deskriptive Herangehensweise an technische Artefakte zeigt sich, dass sich die Blackbox gleichsam „erhellte“, wenn die Details der Neuheit hervorgehoben werden.<sup>12</sup> Nicht nur Konstrukteure, sondern auch Designer und Werbefachleute spielen hierbei eine große Rolle, denn die Hervorhebung beginnt bereits bei auffallenden Karosseriefarben, Werbeslogans und Symbolen, die dazu geeignet sind, den BZ-Bus vom herkömmlichen Nahverkehrsbus abzusetzen (siehe Abbildung 2) (DaimlerChrysler 2003). Sogar direkte, technisch hervorgerufene Auffälligkeiten können zu diesem Zweck werbewirksam sein (siehe Abbildung 3):

„Durch die rege Wasserdampferzeugung, sowohl hinten oben am Dach wie hinten unter dem Motorraum, zogen [...] die knallroten BZ-Busse viel Aufmerksamkeit in den Straßen der Innenstadt [Stockholms] auf sich, zumal auch große Aufschriften auf die Antriebstechnik der Zukunft hinweisen.“ (Johansson 2004: 41)

**Abbildung 2: Gestaltung der Buskarosserie. Wissenschaftliche Formeln werden zu werbewirksamen Gestaltungselementen.**



**Quelle: DaimlerChrysler 2005: 41**

---

12 Siehe etwa Latours Darstellungen zu Anschnallgurten, automatischen Türschließern und Schlüsselsystemen (1992, 1996a). Er zeichnet sich dabei durch einen einfach gehaltenen Analysestil aus, durch den der Leser mit den Tricks und Tücken der Technik vertraut gemacht wird. Dem Leser „erhellte“ sich auf diese Weise der inhärente Funktionszusammenhang der jeweiligen Blackbox.

**Abbildung 3: Wasserdampffahne beim Einsatz des BZ-Busses. Randerscheinungen der Technik werden zu Kristallisationspunkten der Aufmerksamkeit.**



Quelle: Sunnerstedt 2005: 17

Was aber macht den technischen Kern dieser Blackbox aus, der hinsichtlich der Innovativität ins Rampenlicht rückt? Um diese Frage zu beantworten, werde ich sie nun Schritt für Schritt „öffnen“. Damit erschließt sich uns ein immer detailreicheres Bild der Technik, das zeigt, was vom technischen Standpunkt aus neu eingeführt worden ist und was schon vorher einer latenten Ausblendung unterlag.

## **2.4 Der Innenbereich der Blackbox Brennstoffzellenbus**

Beginnen wir mit dem Bus als Gesamtkonstrukt. Wie die Einführung des neuen Busses anschaulich illustriert, bedarf der Aufbau von Vertrauen in eine Technik seinerseits einer bestimmten Präsentationstechnik. In diesem Fall geschieht dies über eine Inszenierung, im Zuge derer ein BZ-Bus tatsächlich aus einer Art dunklen Kiste herausfährt, auf dessen Seiten die schemenhaften Umrisse des Busses gedruckt sind. Die Beschriftung der Kiste weist in großen Lettern auf die Antriebsquelle hin (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4: Inszenierung zur Einführung des BZ-Busses**



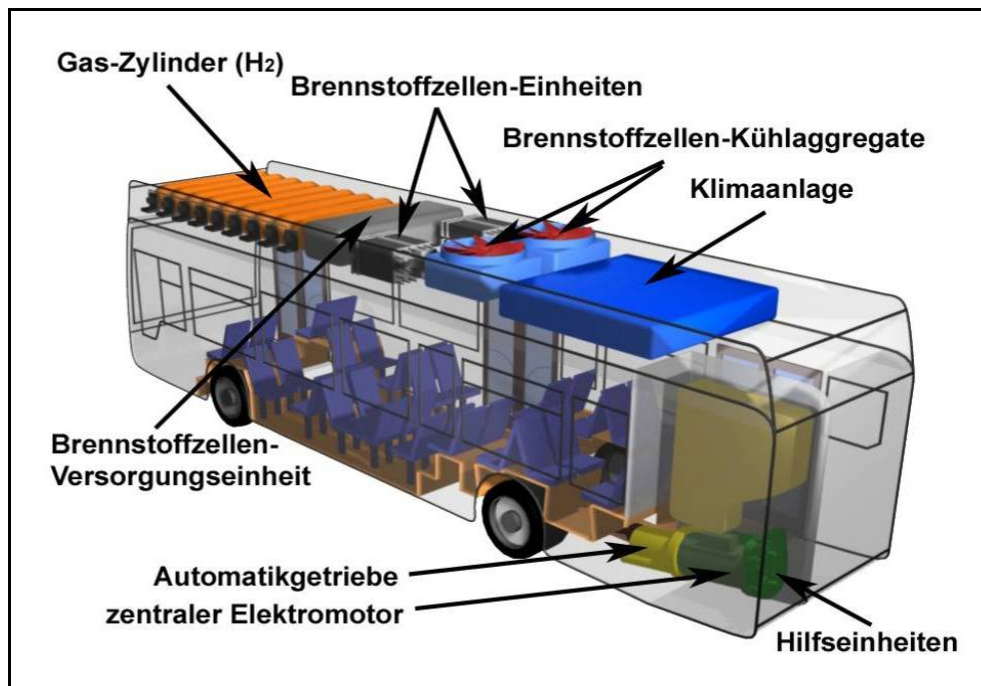
**Quelle: EvoBus GmbH 2006a: 34**

So ins Blickfeld der Öffentlichkeit gerückt, wird das Fahrzeug aus seinem alltäglichen Verwendungszusammenhang hervorgehoben.

Sehen wir jedoch von dem dekorativen Ambiente und der werbewirksamen Karosseriebemalung einmal ab, stellen wir auf den ersten Blick fest, dass der Bus insgesamt vertraut wirkt. „Der Brennstoffzellenbus ist ein ‚normaler‘, 12m langer Citaro der Firma *EvoBus*.“ (Ring/Rothgänger 2004) An dem, was wir oberflächlich erkennen können, fällt am ehesten noch die ausgeprägte Dachverkleidung auf. Der BZ-Bus ist 70cm höher als ein herkömmlicher Stadtbuss. Offenbar müssen wir zunächst die äußere Hülle der Box „abstreifen“, um ihren Inhalt näher betrachten zu können. Könnten wir sie, wie in der unteren Darstellung, einfach beiseite lassen, würde sich in ihrem Innern ein erstes Unterscheidungsmerkmal zu herkömmlichen Bussen zeigen (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: "Innenleben" des BZ-Busses



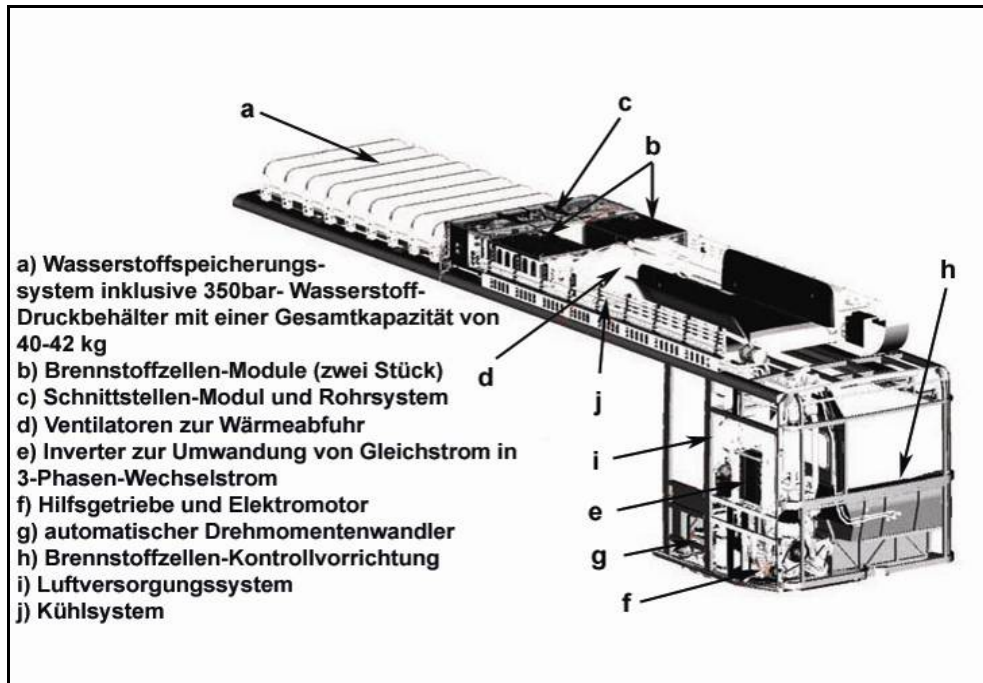
Quelle: EvoBus GmbH 2006a: 11

Auf dem Dach des Brennstoffzellenbusses befinden sich die Tanks für das alternative Antriebsmittel Wasserstoff. Dieser wird gasförmig in einer Reihe zylinderförmiger Druckbehälter gespeichert. Der Treibstoff wird somit nicht wie bei einem gewöhnlichen Bus in Bodennähe mitgeführt, sondern hoch über den Köpfen der Fahrgäste. Der Grund dafür besteht vor allem in den Sicherheitsbedingungen. Da Wasserstoff die chemische Eigenschaft besitzt, leichter als das umgebende Luftgemisch zu sein, darüber hinaus aber in Verbindung mit Sauerstoff hoch entzündlich sein kann, stiftet die Lagerung am Dach Vertrauen, da er sich bei einem eventuellen Leck schnell nach oben verflüchtigt (Ring/Rothgänger 2004). Darüber hinaus bietet die Dachfläche des Busses neben Belüftungs- und Klimaanlage für die Fahrgastkabine noch Platz für weitere Anlagen. Kühltechnik spielt aber auch beim Betrieb der Brennstoffzelle eine Rolle, da sie einer bestimmten Betriebstemperatur bedarf, der Bus aber unter den verschiedensten klimatischen Bedingungen betrieben werden soll. Zwei Kühlaggregate bilden daher eine zweite technische Einheit, die sich unter der Dachverkleidung befindet. Zwischen den Tank- und den Kühleinheiten befindet sich das Herzstück des BZ-Busses, die eigentliche Brennstoffzelleneinheit. Hier wird durch die Zusammenführung des Wasserstoffs mit dem aus der Umwelt gewonnenen Sauerstoff in einem chemischen Prozess elektrische Energie erzeugt. Diese bildet wiederum die Antriebsenergie für einen Elektromotor.

Wenden wir uns dem Motor zu, verlassen wir den nunmehr etwas „helleren“, oberen Bereich der Blackbox, um das Heck des BZ-Busses zu beleuchten. Der hintere Bereich des Busses ist ebenfalls mit technischen Systemen ausgefüllt. Hier befindet sich der Elektromotor, der die elektrische Energie der Brennstoffzelle in Bewegungsenergie umsetzt. Darüber hinaus enthält dieser Fahrzeugbereich Wandler und Hilfsaggregate für den Startvor-

gang. Des Weiteren sind hier Einheiten zur Stromumwandlung und zur Sauerstoffspeicherung untergebracht (siehe Abbildung 6).

**Abbildung 6: Die innovativen Komponenten des BZ-Busses**



Quelle: EvoBus GmbH 2006b: 50

Fassen wir diese Beobachtungen des „Bus-Innenlebens“ zusammen, zeigen sich zwei Merkmale dieser Technik. Erstens ist nur ein Teil der Blackbox mit der neuen Artefaktzusammensetzung ausgefüllt. Die Konstruktion des restlichen Teils beruht im Wesentlichen auf einem Standard-Modell, das auch bei den herkömmlichen Bussen dieser Bauart anzutreffen ist.<sup>13</sup> Dieser Teil unterliegt weiterhin der geschilderten „Alltags-Ausblendung“, was dadurch illustriert wird, dass dieser Bereich in der oberen Darstellung gar nicht abgebildet wurde, um die Aufmerksamkeit auf die innovativen Bereiche zu lenken. Zweitens verweist diese (und die vorletzte Darstellung) auf eine weitere Besonderheit des Blackbox-Motivs: Mit den genannten Aggregaten ist die technische Funktion lediglich oberflächlich erklärt. Das liegt daran, dass die einzelnen Einheiten wieder kleine „schwarze Kisten“ sind, die ebenfalls der sinnbildlichen „Öffnung“ bedürfen, will man ihre inhärenten Funktionszusammenhänge erklären (siehe Abbildung 7). Somit kann jede technische Komponente ihrerseits als Blackbox betrachtet werden (Latour 1998a: 39, 2002: 223).

<sup>13</sup> Die Brennstoffzellentechnik stellt bezüglich des Gesamtkonstrukts des Busses das „Add-On“ dar.

Abbildung 7: Die Brennstoffzelle ist abermals eine Blackbox



Quelle: Feltz 2006: 13

## 2.5 Die Blackbox als Expertensystem

Wenden wir uns nun der Seite der Umgebungsbedingungen und dem Expertenwissen zu, die gemeinhin als *sozialer* Kontext der Technik begriffen wird. Jedoch ist der Begriff „Kontext“ nicht glücklich gewählt, wenn darunter eine stabile Umwelt im Vergleich zur technischen Entwicklung verstanden wird. Zwar existiert eine Technik meist als Einbettung in Randbedingungen, die nicht unmittelbar mit dieser Technik zusammenhängen müssen, diese sind jedoch nicht etwa Konstanten, so dass der Funktionszusammenhang nur von technischer Seite aus implementiert zu werden bräuchte. Der Kontext entwickelt sich im Zuge der Problematisierung *gemeinsam* mit dem technischen Objekt (Latour 1991: 116f.). Daher betrachte ich auch die Motive für den Einsatz und die Umstände der Nutzung als konstitutiv für das Artefakt des BZ-Bus. Die Motive mache ich dabei an den Expertensystemen, hier vor allem kollektive Akteure, fest, welche die technische Innovation vorantreiben.<sup>14</sup> Den faktischen Entwicklungsverlauf stelle ich anhand seiner zeitlichen und räumlichen Bezüge zu den örtlichen sozio-technischen Konstellationen dar.

## 2.6 Das Busprojekt als „techno-ökonomisches Netzwerk“

Als leitende Motive können im skizzierten Beispiel des BZ-Busses weder die Entscheidung über seinen Einsatz, noch die Organisation seines Betriebs einem bestimmten Akteur allein zugeschrieben werden. Bei dem herangezogenen Projekt handelt es sich vielmehr um ein Geflecht von heterogenen Expertensystemen, die auf wirtschaftlicher, wissenschaftlicher und nicht zuletzt technischer Ebene miteinander interagieren. Gemeint ist das auf politi-

---

14 Der hier verwendete Akteursbegriff bezieht sich im Folgenden nicht auf einzelne Individuen in personeller Hinsicht, sondern auf kollektive Akteure, z.B. als rechtliche Körperschaften. Im Sinne der ANT kann man derartige Kollektive, die wie auch immer geartete Aktionen in Gang setzen, ohne auf eine singuläre Kompetenz reduziert werden zu können, als Aktanten bezeichnen (Akrich/Latour 1992: 259).

scher Ebene von der europäischen Union initiierte und von ökonomischer Seite vom Bushersteller *EvoBus*, einer DaimlerChrysler-Tochter, vorangetriebene, internationale Demonstrationsprojekt „HyFLEET: CUTE“. CUTE steht für „Clean Urban Transport for Europe“. Die EU stellte bei Projektbeginn eine Fördersumme von 21 Mio. € zu Verfügung (Weider/Metzner/Rammner 2003: 28f.). Das Unterfangen des Projekts besteht darin, eine Flotte von rund 30 BZ-Bussen über mehrere Jahre hinweg im innerstädtischen Personennahverkehr europäischer Metropolen unter Alltagsbedingungen zu erproben. Diese Projektanforderungen setzen sich also zugleich aus Alltagsbetrieb und Erprobungsbetrieb zusammen. Das verlangt gleichermaßen nach einer örtlichen Einbettung des BZ-Busses in den Fahrgastbetrieb wie auch die Gewährleistung einer professionellen, technischen Begleitung des Fahrbetriebs. Dieser funktioniert daher nicht nur durch die Konstruktion der Technik und die Finanzierung des Betriebs, sondern durch das Hinzunehmen von örtlichen Verkehrsunternehmen und speziellen Komponentenherstellern. 31 Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik haben sich unmittelbar zusammengeschlossen, um die Brennstoffzellentechnologie aktiv voranzutreiben (DaimlerChrysler 2006). Außerdem sind im weiteren Umfeld der Projektkooperation insgesamt rund 40 Unternehmen und Universitäten beteiligt (siehe Abbildung 8) (Christmann/Ring 2004: 8).<sup>15</sup>

---

15 Für einen umfassenden Überblick des CUTE-Projekts siehe EvoBus GmbH 2006b.

Abbildung 8: Übersicht der städtischen, industriellen und akademischen Partner im CUTE-Projekt



Quelle: EvoBus GmbH 2006b: 106

Die Motive zur Teilnahme am CUTE-Projekt lassen sich idealtypisch in drei Gruppen aufteilen, denen sich exemplarisch Akteure zuordnen lassen:

- **Wissens-Motiv (science pole)**<sup>16</sup>

Die in das CUTE-Projekt involvierten Forschungsstätten versprechen sich von ihrer Teilnahme eine Erweiterung ihrer Analyse- und Prognosefähigkeit bezüglich der Wasserstoff- bzw. Brennstoffzellenentwicklung. Ihre Positionierung in der künftigen Forschungslandschaft hängt maßgeblich von ihrer Sensibilisierung für mögliche Entwicklungen ab. Insbesondere die angeschlossenen Forschungseinrichtungen der Mineralölkonglomerate wie BP oder Shell, versuchen sich hierüber einen Wissensvorsprung für den Fall der Verknappung fossiler Ressourcen anzueignen (EvoBus GmbH 2006b).

- **Technik-Motiv (technical pole)**

Die Hersteller der Antriebskomponenten und die Organisatoren der Versorgungseinrichtungen wollen die Leistungsfähigkeit der von ihnen konzipierten technischen Artefakte unter Beweis stellen. Sie erhoffen sich Antworten auf Fragen, die sich erst unter den Bedingungen der Praxiserprobung beantworten lassen. Dies soll durch das Austesten von Technikkomponenten nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum erfolgen (DaimlerChrysler 2005).

- **Marketing-Motiv (market pole)**

Die Anbieter von Verkehrsdienstleistungen, hier durch die lokalen Verkehrsunternehmen repräsentiert, befinden sich vielfach in staatlichem bzw. halb-staatlichem Besitz. Die von der EU vorangetriebene Liberalisierung des ÖPNV führt aber zu einer zunehmenden Wettbewerbsorientierung, so dass das Markt-Motiv an Bedeutung gewinnt. Trotz vielfältiger Hürden auf dem Weg zur Deregulierung (Karl 2002), ist davon auszugehen, dass sich insbesondere das Motiv einer marktgerechten Außendarstellung verstärkt. Ein innovatives Element wie der Brennstoffzellenantrieb gilt offenbar als Werbung für einen aufgeschlossenen Umgang mit zukünftigen Entwicklungen (Ring/Rothgänger 2004). Das Negative-Image des antiquierten, öffentlichen Verkehrsbetriebes scheint so überwindbar.

Die Verflechtung der Akteure zeigt sich darin, dass die drei Motive in der Gesamtschau des Projekts derart ineinander übergehen, dass diese simplifizierte Idealvorstellung zusehends verblasst. Das Phänomen der interdependenten Gemengelage bei der Einführung von Innovationen bezeichne ich mit Michel Callon als „techno-ökonomisches Netzwerk“ (Callon 1991, 1992).<sup>17</sup> Dabei nehmen die Expertensysteme eine heterogene Gestalt an, da ihre Aussagen mal von der einen und mal von der anderen Ausgangsmotivation geleitet

---

16 Die Wahl der Motive folgt Callons Konzept des „techno-ökonomischen Netzwerks“, das er über drei Pole aufspannt: Den „science-pole“, den „technical pole“ und den „market pole“. In der Praxis sind diese Pole jedoch auf vielfältige Art und Weise miteinander verwoben. Die Passagen haben intermediären Charakter und bestehen etwa aus Texten, technischen Artefakten, menschlichen Fähigkeiten oder Geld (Callon 1991: 133ff., 1992: 73ff.).

17 Bei Callons Verwendung des Netzwerkbegriffs ist zu beachten, dass er kein soziologisches Netzwerk aus sozialen Akteuren als Knoten und sozialen Beziehungen als Kanten meint. Er verwendet den Begriff eher im metaphorischen Sinne, in Anlehnung an technische Verbundstrukturen wie Telekommunikationssysteme, Eisenbahnnetze oder Daten-Server (Callon 1991: 153, 1992: 96).

sein können: Die Wissenschaftler erhoffen sich Wissenszuwächse durch die Umsetzung ihrer Erkenntnisse in die technische Alltagspraxis. Hinter den Forschungseinrichtungen der Mineralölkonzerne stehen nicht nur wissenschaftliche Ideale, sondern auch Interessen auf dem Markt. Die Hersteller und Konstrukteure motiviert die baldige Vermarktung als Zeichen der Massentauglichkeit der Technikkomponenten. Die Verkehrsunternehmer möchten mit an der Spitze des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts stehen, um ihr Image zu verbessern und sich Informationsvorsprünge zu verschaffen.

Die Idealvorstellung, nach der erfolgreiche Innovationsprozesse einem linearen Zeitverlauf von der wissenschaftlichen Entdeckung über die technische Entwicklung bis zur Etablierung im Markt folgen, wurde in der Technikgeneseforschung durch dynamische Modelle erweitert. Mit dem CUTE-Projekt haben wir einen Fall, bei dem Motive aus allen drei Phasen zugleich in Anschlag gebracht werden. Um solche Fälle ebenfalls erfassen zu können, benötigt man Denkansätze, die Parallelentwicklungen, Rückkopplungen und Wechselwirkungen berücksichtigen. Deutlich wird dies in den Aussagen der politischen Förderer von der EU-Ebene bis zur städtischen Ebene.<sup>18</sup> In ihren Argumentationen trifft der Stolz über die technischen Errungenschaften der Union bzw. ihrer Regionen mit der Einsicht zusammen, die Erforschung von alternativen Antrieben als Lebensgrundlage künftiger Generationen vorantreiben zu müssen, was sich wiederum mit der Hoffnung auf wirtschaftlichen Wohlstand verbindet (EvoBus GmbH 2006b).<sup>19</sup>

## **2.7 Die sozio-technischen Bedingungen vor Ort (Hamburg, Madrid, Stockholm)**

Der faktische Entwicklungsverlauf des CUTE-Projekts lässt sich auf EU-Ebene schlecht nachzeichnen, da die örtlichen Umstände sehr unterschiedlich sind. Ich habe daher drei Städte ausgewählt, welche die sozio-technische Vielfalt dieser Bedingungen widerspiegeln (siehe Abbildung 9).

---

18 Freilich gibt es Gründe, die politischen Motive als eigenständigen Punkt aufzuführen. Callon nennt jedoch nur drei „Pole“. Ich stimme ihm insofern zu, als dass ich dafür plädiere, die politische Ebene als Metaebene zu betrachten, die entweder als Wissenschafts-, Technologie- oder Marktpolitik bei allen drei Polen wirksam sein kann. Die Aussagen der politischen Vertreter zeigen dies, indem sie gleichermaßen auf wissenschaftliche, technische und marktwirtschaftliche Motive Bezug nehmen.

19 Latour beschreibt derartige Gemengelagen unterschiedlicher Zielvorstellungen als „Zusammentreffen“. Es kann erfolgen, wenn verschiedene Akteure eine Innovation begründen (Latour 1996a: 87ff.). Auch auf verkehrstechnische Innovationen ist seine Vorstellung schon angewendet worden. So lässt sich etwa die Entstehung des Zeppelins als deutsche Erfindung, in Form eines „Zusammentreffens“ des Erbauers und Namensgebers, Graf Zeppelin, mit der nationalbegeisterten deutschen Bevölkerung erklären (Höhler 2002).



Abbildung 9: Die europäischen Teilnehmerstädte des CUTE-Projekts



Quelle: Sunnerstedt 2005: 4

Auf städtischer Ebene umfasst das CUTE-Projekt eine Vielzahl unterschiedlicher Einsatzbedingungen, sowohl in technologischer als auch in soziologischer Hinsicht. Die Antriebstechnik soll ihre Funktionstüchtigkeit unter vielfältigen klimatischen und topografischen Verhältnissen unter Beweis stellen (DaimlerChrysler 2005). Die BZ-Busse wurden bis zum Frühjahr 2006 von schätzungsweise vier Millionen Fahrgästen genutzt (Grotelüsch 2006; Lehmann/Gnoth 2006). Im Hinblick auf die kulturelle Spannweite der Metropolen und ihren touristischen Status, ist davon auszugehen, dass Laien aus den unterschiedlichsten sozialen Milieus mit dem Expertensystem um den BZ-Antrieb in Berührung kamen.

Um dieser Bandbreite an sozio-technischen Bedingungen Ausdruck zu verleihen, schildere ich exemplarisch die Bedingungen in Madrid, Hamburg und Stockholm, wobei das deutsche Beispiel im Vordergrund steht.

- **Hamburg, Deutschland**

In der norddeutschen Hansestadt sind die BZ-Busse seit September 2003 im Einsatz. Die Projektbeteiligung der *Hamburger Hochbahn AG* läuft unter dem Werbeslogan „HH<sub>2</sub> – Hamburg kommt an mit Wasserstoff“. Die Erfinder des Slogans setzen dabei politische und wissenschaftliche Repräsentationen miteinander in Bezug: „HH“ ist das Fahrzeugkennzeichen der Hansestadt Hamburg, „H<sub>2</sub>“ ist die chemische Abkürzung für Wasserstoff (Christ-



mann/Ring 2004: 12). Die Wasserstofferzeugung erfolgt in Hamburg durch das Elektrolyseverfahren, wozu werbewirksam „grüner Strom“ bezogen wird. Dazu ging die Hochbahn AG eine Kooperation mit den Hamburger Elektrizitätswerken (später Vattenfall) und dem Mineralölkonzern BP ein. Neben den drei Hauptpartnern gibt es weitere Bezüge zu Politik und Wirtschaft. So ist etwa das HH<sub>2</sub>-Projekt Teil des städtischen Maßnahmenkatalogs zur Einführung des Themas Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie (Stadt Hamburg o. D.). Betreut wird das Projekt unter anderem durch die Hamburg-Consult Gesellschaft für Verkehrsberatung und Verkehrsmanagement – als Tochtergesellschaft der Hamburger Hochbahn gegründet, die heute Anteilseigner ist (Hamburg-Consult 2007). Die Hamburger Projektpartner engagieren sich intensiv im Bereich der Publicity. Die Hochbahn AG ließ Lernmaterial zum Thema Brennstoffzelle für örtliche Schulen erarbeiten und bietet Schüler- und Besuchergruppen eine Demonstration der Bus- und Tanktechnik an (Christmann/Ring 2004). Auch das Fahrpersonal erhält diesbezügliche Schulungen, die es außerdem mit den Hintergründen des CUTE-Projekts vertraut macht. Auf diese Weise soll es in die Lage versetzt werden, technische und planerische Details direkt an interessierte Fahrgäste weitergeben zu können (Ring/Rothgänger 2004).

Der Hamburger Fall zeichnet sich dadurch aus, dass auch nach Auslaufen des internationalen CUTE-Projekts weiterhin auf Brennstoffzelle und Wasserstoff gesetzt wird (Hochbahn 2007).<sup>20</sup> Zur Motivation gibt es unterschiedliche Aussagen. Während der Vorstandsvorsitzende der Hochbahn, Günter Elste, auf den Beitrag des Unternehmens zur CO<sub>2</sub>-Reduktion verweist (ebd.), betrachten Umweltschutzorganisationen wie der BUND die teuren BZ-Busse als Prestigeobjekte zum Erhalt von Fördermitteln. „Von fast 700 HVV-Bussen sind ganze neun als Wasserstoffbusse gebaut – knapp über einem Prozent.“ (BUND – Landesverband Hamburg 2007: 6) Statt viel Geld in die Nischentechnik Wasserstoff zu stecken, so der BUND, sollte die Grundlagenforschung und ihre breite Anwendung, z.B. zur Reduktion von Lärm und Feinstaub, stärker gefördert werden.

- **Madrid, Spanien**

Die spanische Hauptstadt ist eine der Metropolen, in denen das CUTE-Projekt startete. Bereits im Mai 2003 wurde hier der erste BZ-Bus ausgeliefert. Der Wasserstoff wird hier nicht durch Elektrolyse, sondern durch Reformierung aus Erdgas gewonnen. Seine Produktion geschieht in großchemischen Anlagen, von denen das Erzeugnis per Gaswagen an die Wasserstofftankstelle transportiert wird. Diese befindet sich beim Depot der städtischen Busgesellschaft *EMT*. Die Antriebsquelle Wasserstoff ist nur eines von vielen Mitteln, mit dem EMT auf die umweltpolitischen Forderungen nach emissionsarmem Stadtverkehr reagiert. So werden etwa auch Busse mit Biokraftstoffen eingesetzt. Die politischen Vertreter Madrids sind bemüht, den Einsatz der Busse nicht als isolierte Erprobung erscheinen zu lassen, sondern sehen sie als kleinen aber wichtigen Baustein im Modernisierungsprogramm der spanischen Hauptstadt (EvoBus GmbH 2006b).

Der Verkehr Madrids zeichnet sich durch seine südländische Hektik und Unübersichtlichkeit aus. Die Qualität einer Busfahrt beurteilen viele Madrilenen in erster Linie an

---

20 Siehe auch Kapitel 5.1.

der Schnelligkeit des Busses und der Fähigkeit des Fahrers, chaotische Verkehrssituationen zügig abzuwickeln (DaimlerChrysler 2003).

- **Stockholm, Schweden**

Seit Januar 2004 werden auch in der schwedischen Hauptstadt Stockholm BZ-Busse eingesetzt. Die Betreibergesellschaft ist das Unternehmen *Söderdepån*. Die Erzeugung des Wasserstoffs geschieht ähnlich wie in Hamburg durch das Elektrolyseverfahren, wozu ebenfalls „grüner Strom“ aus regenerativen Quellen bezogen wird.

Im Fall Stockholms sind auch die Auswirkungen der klimatischen Verhältnisse Bestandteil des Fahrttests, da die Busse extremen Witterungsbedingungen ausgesetzt sein können. Ein Projektziel ist hier die Untersuchung der Kälteempfindlichkeit der Brennstoffzellenelemente. Verschärft werden die Anforderungen an die Technik dadurch, dass die BZ-Busse aus Sicherheitsgründen nicht im überdachten Busdepot der Firma *Busslink* stehen dürfen, was den ganzjährigen Kontakt der Technik mit dem skandinavischen Klima zur Folge hat (Johansson 2004).

Nach den Meldungen des DaimlerChrysler-Konzerns vom März 2006, wurde das CUTE-Projekt in Hamburg und Madrid verlängert (DaimlerChrysler 2006). Der Versuch in Stockholm ist somit offenbar beendet.<sup>21</sup>

## **2.8 Bezüge zwischen dem überlokalen Netzwerk und den lokalen Bedingungen**

Mein Augenmerk gilt der Situation, in der sich das CUTE-Projekt zumindest bis zum Zeitpunkt der Recherche (Anfang 2006) befindet. Auf der einen Seite existiert ein Netz aus Experten wie Wissenschaftlern, Technikern und Marketingstrategen. Diese stellen den städtischen Teilprojekten ihr „Know-how“ oder ihr Geld zur Verfügung und partizipieren an den daraus gewonnen Ergebnissen in Form von theoretischen, technischen oder vermarktbareren Erkenntnissen. Auf der anderen Seite arbeiten die städtischen bzw. lokalen Akteure an der konkreten technischen Umsetzung des Einsatzes der BZ-Busse. Diese beiden Seiten des CUTE-Projekts lassen sich analytisch zwar (bis zu einem gewissen Grad) räumlich separieren, zeitlich laufen sie jedoch weitgehend parallel ab.<sup>22</sup> Das bedeutet, dass es, gemäß den neueren Annahmen der Technikgeneseforschung, zu Co-Entwicklungen kommt, bei denen artifizielle Laborsituationen aus dem Bereich der Wissenschaft und praxisnahe Verwendungszusammenhänge zugleich auftreten. Dies erlaubt ein Hin- und Her-

---

21 Möglicherweise steht dies mit der Absicht Schwedens in Zusammenhang, den Biokraftstoff Ethanol als künftige Energiequelle zu präferieren (Traufetter 2006). Bemerkenswert ist dabei die Tatsache, dass die rund 120 weiteren Stockholmer Stadtbusse mit Ethanol betrieben werden (Johansson 2004)

22 Callon bietet Ansätze, mit denen er die Co-Präsenz solcher Analyseebenen zu erfassen sucht. So unterschied er beispielsweise in einem seiner Fallbeispiele zwischen einem globalen und einem lokalen Netzwerk (Law/Callon 1988: 289f.). Zum globalen Netzwerk gehören diejenigen Netzwerkmitglieder, welche zwar ihre Unterstützung und Schirmherrschaft zusichern, an der konkreten Umsetzung des sozio-technischen Projekts jedoch nicht unmittelbar beteiligt sind. Hierbei ist etwa an politische oder wirtschaftliche Repräsentanten und Obleute zu denken. Das lokale Netzwerk besteht hingegen aus Akteuren wie etwa Designern, Konstrukteuren oder Produktionsteams, die das Projekt in die Wirklichkeit umsetzen.

wechseln zwischen unterschiedlichen Relevanzkontexten, die sich sowohl an den Artefakten selbst, als auch an den Arbeiten mit diesen Artefakten festmachen lassen.

So kommt es

- zu Verknüpfungen zwischen universellen und örtlichen Repräsentationen sowie
- zur Zusammenarbeit von globalen und lokalen Expertensystemen.

Einige Beispiele für den ersten Fall sind uns bereits oben begegnet. Im Zuge der äußeren Ausgestaltung der Blackbox wird die Buskarosserie mit chemischen Abbildungen und Formeln versehen, welche die wissenschaftlichen Motive symbolisch untermalen und zugleich als kulturelle Werbebotschaft den Kunden vor Ort ansprechen sollen (siehe obere Abbildung 2). Damit tragen sie dem Marketing-Motiv Rechnung.<sup>23</sup> Noch näher an der lokalen Situation ist die erwähnte Maßnahme aus Hamburg, bei der die chemischen und die politischen Repräsentationen symbolisch verknüpft werden – der Wasserstoff ( $H_2$ ) und die Hansestadt Hamburg (HH) werden zum Label „HH $_2$ “.<sup>24</sup> Zusammen mit der Kenntnisnahme vom technischen Antriebsmittel Wasserstoff soll ein Bezug zum Herkunfts- bzw. Aufenthaltsort der Fahrgäste vermittelt werden.

Greifbar wird der Zusammenhang zwischen den überlokalen Expertensystemen und den örtlichen Arbeitsbedingungen im Praxiseinsatz des BZ-Busses. Aufgrund der besonderen Situation des Feldversuchs reagieren die beteiligten Akteure außergewöhnlich sensibel auf technische Funktionsstörungen und verfolgen sie mit besonderem Interesse. Die eingangs beschriebene Blackbox-Situation ist zeitweise aufgehoben. Die Frage ist weniger, ob sie wieder hergestellt wird, sondern vielmehr in welcher Weise und mit welchem Resultat.

Neben dem Brennstoffzellenantrieb stehen im CUTE-Projekt zwei verschiedene Arten der Treibstoffherzeugung auf dem Prüfstand: die Elektrolyse (Spaltung von Wasser durch Strom in Wasserstoff und Sauerstoff) und die Reformierung (Abspaltung von Wasserstoff aus Erdgas mittels heißem Wasserdampf). Da in den teilnehmenden Metropolen unterschiedliche Verfahren angewendet werden (die Elektrolyse in Hamburg und Stockholm, die Reformierung in Madrid), besteht innerhalb des Projektes eine Konkurrenzsituation um die „bessere“ Technik. Bislang ist nicht ausgemacht, ob eine Seite langfristig funktionstüchtiger ist. An die Einschätzung über die Vor- und Nachteile der Verfahren knüpfen sich weitreichende Ziele. Ein Problem bei der Reformierung wird beispielsweise in dem häufigen Ein- und Ausschalten der Reformierer gesehen. „Die Elektrolyse hat sich ganz gut bewährt, die Reformierung war teilweise schwierig“, so Oliver Weinmann vom Energiekonzern Vattenfall. „Würden wir mehr Busse betreiben, könnten die Reformer kontinuierlicher laufen und wären viel zuverlässiger.“ (zit. n. Grotelüschen 2006) Die Wasserstoffher-

---

23 Dass dies nicht nur eine Informationskampagne ist, sondern auch handfeste ökonomische Motive dahinter stehen, zeigt die Tatsache, dass herkömmliche Busse in aller Regel nicht mit den chemischen Repräsentationen ihrer Antriebsstoffe versehen sind. Dieses Wissen wäre zwar ebenso vermittelbar, aber diese Informationen wären kaum werbewirksam.

24 „Ein eigenständiger Auftritt mit dem Logo HH $_2$  und dem Slogan ‚Hamburg kommt an mit Wasserstoff!‘ ist die Basis aller Kommunikationsmaßnahmen der großen Projektpartner Hochbahn und HEW. Der Name HH $_2$  steht für Hamburg (HH) und Wasserstoff ( $H_2$ ). Dieses Logo soll den Bezug zwischen Hamburg und Technologieförderung herstellen und die Hamburger neugierig auf das Projekt machen. Die Maßnahmen umfassen das Produktdesign, den Print-, Presse- und Internetauftritt.“ (Christmann/Ring 2004: 12)

zeugung hängt an unterschiedlichen Bezugsquellen der benötigten Energieträger: Strom bei der Elektrolyse, Gas bei der Reformierung. Dem entsprechend sind die Probleme nicht nur technischer Art, sondern sie sind auch von sozialer Relevanz für die Expertensysteme. Hinsichtlich des Klima- und Ressource-Aspekts hat die Reformierung den Nachteil, dass dabei das Treibhausgas CO<sub>2</sub> freigesetzt wird und Erdgas letztlich ebenso endlich ist wie Erdöl. Beim Elektrolyseverfahren liegt ein Problem in der Uneindeutigkeit des Strombezuges. Stammt er tatsächlich nur aus regenerativen Energiequellen, so dass die Innovation der Nullemission greifen kann? Hier tut sich allerdings schon wieder die nächste Blackbox auf.

### **3. Rückblick: Die Idee von der Elektrifizierung des französischen Stadtverkehrs**

Man steigt bekanntlich niemals zweimal in denselben Fluss, doch ab und zu scheint sich Geschichte zu wiederholen. Der Bezug zwischen dem Klima-, Ressourcen- und Fortbewegungs-Aspekt verdeutlicht die historische Konstitution des Diskurses. Was läge da näher, als bereits zurückgelegte Wege nachzuzeichnen, um aus begangenen Fehlern zu lernen?

#### **3.1 Ein Verkehrsvorhaben im Rückspiegel**

Unter diesem Gesichtspunkt ist es aufschlussreich, die techniksoziologischen Analysen heranzuziehen, die der französische Soziologe Michel Callon vor etwa zwei Jahrzehnten zusammentrug (1983; 1986; 1987). Callon rekonstruierte damals eine sozio-technische Konstellation, die bis hin zum Untersuchungsgegenstand, Parallelen zur Situation des CUTE-Projekts aufweist. Seine Beiträge zeigen uns die Auseinandersetzung in Frankreich um das elektrisch betriebene Fahrzeug VEL (*véhicule électrique*), die sich in den Jahren zwischen 1960 und 1975 vollzog. Wie der Umfang des Projekts zeigt, handelte es sich um nichts Geringeres als den Versuch, die französische Fahrzeugindustrie mit aller Macht in ein postfossiles Antriebs-Zeitalter zu katapultieren. Entsprechend weit gingen die technischen Hoffnungen, aber auch die sozialen Deutungshoheiten. Die 15 Jahre zeigten somit nicht nur die technischen Grenzen, sondern auch die Kraft von sozialen Deutungen der Innovation. Dabei schien für wenige Jahre ein „window of opportunity“ (Geels 2004) existiert zu haben, auf das die Brennstoffzellentechnologie in Gestalt des BZ-Busses heute abzielt. Warum dies nicht genutzt werden konnte bzw., bildlich ausgedrückt, vor den Augen der Beteiligten wieder zufiel, davon berichtet Callon.<sup>25</sup>

---

25 Dies scheint allerdings nicht sein einziges und möglicherweise auch gar nicht sein Hauptanliegen gewesen zu sein. Im ersten Text (1983) nutzt Callon den Gegenstand der Analyse, um für ein stärkeres Einbeziehen technischer Kontroversen in soziologische Diskussionen zu werben. Die beiden später veröffentlichten Texte (1986, 1987) standen dagegen bereits im Zeichen der Akteur-Netzwerk-Theorie und ihres besonderen, symmetrischen Analyserahmens.

### 3.2 Batterien als Blackbox

Ähnlich wie beim BZ-Bus und der Brennstoffzelle stand auch am Anfang der Idee des französischen Elektrofahrzeugs eine Blackbox. Experten gingen daran, das bestehende Artefakt der Batterie unter gewandelten Bedingungen neu in Augenschein zu nehmen. Dies rührte weniger von Sachzwängen her, sondern vielmehr von einer wissenschaftspolitisch geförderten Schwerpunktsetzung. Das 1958 von Charles de Gaulle mitinitiierte Forschungszentrum DGRST (Délégation générale à la recherche scientifique et technique) unterstützte ab 1960 Elektrochemiker bei ihrem Forschungsziel, die herkömmliche Batterie zur funktionsfähigen „Treibstoffbatterie“ für den Fahrbetrieb weiterzuentwickeln (Callon 1983: 143). Durch die neue Anforderung an die Technik wurde das Innenleben der Batterie, das man längst als bekannt und vertraut erachtete, aufs Neue problematisiert. Unter den Elektrochemikern bildeten sich zwei gegnerische Lager: Die „Kinetiker“ und die „Katalysisten“. Jede der beiden Gruppen trachtete danach, einen anderen Bereich der Batterie zu erhellen. Die erste Gruppe, die „Kinetiker“, betrachtete die Bewegung der Batterieflüssigkeit durch das Zusammenspiel von Elektrode und Elektrolyt als Funktionsgrenze, die es zu verschieben galt. Den chemischen Prozess der Katalyse, der dabei vollzogen wird, sahen sie als gegeben an. Nicht so die „Katalysisten“; diese betrachteten die Sachlage andersherum, indem sie die eigentliche Elektrokatalyse als entscheidende Stellschraube zur Weiterentwicklung der Batterie ansahen. Da die Gruppe der „Kinetiker“ unter den Elektrochemikern die Mehrheit bildete und sich darüber hinaus aus einer angestammten Generation von Experten rekrutierte, konnten sie sich schließlich durchsetzen und so die Blackbox in ihrem Lichte erscheinen lassen. Die „Katalysisten“ waren hingegen einige wenige Anfänger, wenngleich sie in der Festkörperphysik geschult waren (ebd.). Der Ausgang der Kontroverse war folgenreich, da er suggerierte, die Möglichkeiten der Batterie seien zwar in ihrem Grundprinzip der Katalyse alt, beinhalteten aber neue, konstruktive Potenziale, wenn diese nur ausgeschöpft würden.

Die Auseinandersetzung macht deutlich, was unter der eingangs erwähnten Ausblendung technischer Objekte verstanden werden kann. Obwohl beide Gruppen die „Batterie-Blackbox“ erhellen wollten, blendeten sie unterschiedliche Gesichtspunkte aus und zwar je nach ihrer Forschungskultur.

*„Diejenigen, die die Kinetik als Gegenstand der reinen Forschung sehen, eliminieren schlicht und einfach die Frage der Katalyse aus ihrem Gesichtskreis. Für sie ist die Katalyse ein technisches Problem, das heißt, dass es für sie nichts mehr zu lernen gibt und dass es ausreicht, die Beschaffenheit der Elektroden zu verändern oder die Disposition der sie bildenden Elemente. Ihre Gegner greifen dieselben Kriterien auf, kehren sie jedoch um. Für sie stellt die Katalyse das theoretische Problem dar, wohingegen die Fragen der Kinetik mit leicht kontrollierbaren Parametern verbunden sind, sobald man einmal die Rolle der Katalysatoren begriffen hat.“* (Callon 1983: 146)

Die Unterscheidung zwischen einem wissenschaftlichen und einem technischen Motiv macht also Sinn, weil damit folgenreiche Relevanzbezüge verbunden sind (Callon 1991:

133f., 1992: 73f.).<sup>26</sup> Beide Gruppen verstehen sich als Elektrochemiker. Die „Kinetiker“ betrachten jedoch die Bewegung der Batterieflüssigkeit als Wissenschaft und damit als ihre originäre Aufgabe. Den Prozess der Katalyse sehen sie hingegen als bloße Technik an, was für sie als Wissenschaftler den Makel der Zweitrangigkeit mit sich bringt. Bei den „Katalysisten“ verhält es sich entsprechend andersherum.

### **3.3 Ein Energiekonzern als visionärer Netzwerker?**

Als dritten Pol nennt Callon den Marktpol (Callon 1991: 134, 1992: 74). Diese Position nahm in der Geschichte des französischen Elektrofahrzeugs der energiewirtschaftliche Großbetrieb EDF (Electricité de France) ein. Als monopolartiger Staatsbetrieb sah EDF zu Beginn der 1970er Jahre einen zukünftigen Energiemarkt im Mobilitätssektor entstehen. Dieser Entwicklung wollte man zuvorkommen. Durch den Einstieg von EDF wurde dem VEL-Vorhaben eine ganz neue Qualität verliehen.<sup>27</sup> Der Akteur EDF witterte die Chance, Vorreiter bei einer nationalen, wenn nicht gar globalen Mission zu sein: der Elektrifizierung des Verkehrs im Zuge seiner Überführung in ein postfossiles Zeitalter.

Die Perspektive hat auch nach über 30 Jahren nichts von ihrer Aktualität eingebüßt. Ähnlich wie heute erstreckte sich die Perspektive keineswegs nur auf technische Sachstände, sondern darüber hinaus auf den Entwurf einer anvisierten Zukunft der Mobilität in der späten Moderne. In diesem Sinne versuchte EDF ein Bild zu etablieren, aus dessen Perspektive der Anbruch eines neuen Verkehrszeitalters geradezu naturwüchsig erscheinen musste. Wesentliche Interpretationshilfe leisteten dabei die sozialen Verunsicherungen in Folge der politischen Proteste vom Mai 1968, welche die alten Maßstäbe der westlichen Industrie- und Konsumgesellschaft in Zweifel zogen (Callon 1983: 149, 1987: 86). Etwas später war es dann die erste Ölkrise von 1973/74, welche das Zukunftsbild der EDF zu bestätigen schien. Aus sozio-technischer Sicht stand bereits EDF vor der Situation, dass man das klassische Automobil mit Verbrennungsmotor für die Emissionen verantwortlich machen konnte, unter denen insbesondere die Städte zu leiden hatten. Zugleich galt das Automobil aber als zentrales Element der Gesellschaft, das als Statussymbol eng mit dem Konsumverhalten verknüpft war. Diese Problemstellung hoffte EDF nun durch die günstigen Umstände und die technischen Fortschritte für sich nutzen zu können (Callon 1986: 26f.). Dazu entwarf es eine technische Agenda, die den sozio-politischen Gegebenheiten Rechnung tragen sollte: Zunächst sollten mit den weiterentwickelten, aber in ihrer Leistung begrenzten Bleiakkumulatoren ausgewählte Nischenmärkte des öffentlichen bzw. städtischen Verkehrs besetzt werden. In Bereichen wie dem Busverkehr und dem Entsorgungsverkehr sah man aufgrund der gemäßigten Leistungsanforderungen, vor allem der geringen Geschwindigkeit, gute Ausgangsbedingungen. Dem kam zugute, dass die neuen sozialen Bewegungen, deren Aufbruchstimmung man nutzen wollte, ein überwie-

---

26 Wie wir sahen, können diese Relevanzen jedoch eng miteinander verknüpft sein, was die Akteure in die Lage versetzt, praktisch zwischen unterschiedlichen Relevanzbezügen hin und her zu springen (Callon 1983: 147).

27 Der Einstieg von EDF scheint ein derartiges Initial gewesen zu sein, dass Callon in seinen späteren Texten (1986, 1987) mit diesem Schritt beginnt und die Vorgeschichte der Elektrochemiker unerwähnt lässt.

gend städtisches Phänomen waren. Erste Verbraucher- und Umweltschutzbewegungen übten Kritik an der Nutzung von Privatautos und der damit einhergehenden Verkehrssituation in den Innenstädten. EDF versuchte an diese Stimmung anzuknüpfen und warb für die Rückbesinnung auf den elektrischen Fahrbetrieb der Jahrhundertwende und das Wiederaufleben des Gemeinschaftstransports. Die Ausweitung des Anwendungsgebiets sollte erfolgen, sobald die verbesserte Akkumulatoren-Technik der Zink/Luftzirkulation einsatzbereit wäre, was die möglichen Fahrwege verlängern sollte. Schließlich, zum Jahre 1990 hin, sollten alkalische Akkumulatoren sowie Brennstoffzellen zur Verfügung stehen, die eine überlegene Position gegenüber dem Verbrennungsmotor sichern könnten. Mit ihnen hoffte man in den Geschwindigkeitsbereich jenseits von 90 km/h, also in den Massenmarkt der Privatautos vorzustößen (Callon 1983: 144ff., 1986: 21, 1987: 85). So versuchte EDF durch eine ex-ante, sozio-technische Projektion die Zukunft des Verkehrs vorwegzunehmen.

### **3.4 *Gemeinsam sind wir stärker!***

Das ehrgeizige Programm konnten die EDF-Mitarbeiter nicht alleine verwirklichen, da es ihnen in der Rolle des Energiekonzerns an notwendigen wissenschaftlichen und technischen Expertisen im Fahrzeugbereich mangelte.<sup>28</sup> In wissenschaftlicher Hinsicht konnte man auf die nunmehr etablierten Erkenntnisse der „Kinetiker“ von DGRST zurückgreifen. Auf der technischen Ebene kooperierte man zum einen mit dem elektrotechnischen Konglomerat CGE (Compagnie Générale Électrique) und zum anderen mit dem Fahrzeughersteller Renault. EDF knüpfte auf diese Weise ein Netz zwischen wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Stellen, innerhalb dessen EDF für sich in Anspruch nahm, die Rollenbesetzung zu bestimmen. Vervollständigt wurde es durch eine Reihe politischer und sozialer Fürsprecher wie Ministerien, Stadtverwaltungen, Verkehrsunternehmen sowie Interessenvertretungen von Erfindern, Umwelt- und Verbraucherschützern. Im Fall des zentralen Akteurs CGE scheint der Anspruch auf die Rollenverteilung kein besonderes Problem gewesen zu sein, da diesem Verbund als Produzent von elektrischen Motoren die Rolle nur zu gut passte. Ganz anders sah es allerdings im Fall von Renault aus.

### **3.5 *Renault sprengt das Netzwerk***

EDF benötigte für „sein“ VEL-Vorhaben auch das fahrtechnische „Know-how“ jenseits des Elektromotors und der Batterie. Renault sollte als der zentrale französische Hersteller diese Lücke schließen. Die EDF-Führung schien so von ihrem eigenen Zukunftsentwurf überzeugt, dass sie Renault kurzerhand die künftige Rolle als Chassis- und Karosserien-Bauer anbot (Callon 1986: 22, 1987: 85f.). So kam es dazu, dass der wohl renommierteste Fahrzeughersteller Frankreichs in das Netzwerk lediglich als Konstrukteur und Produzent von einzelnen Fahrzeugkomponenten eingeplant wurde und dies nicht von ihm selbst ausging,

---

28 Der Rollen-Begriff ist hier nicht im strengen soziologischen Sinne gebraucht, insofern als damit keine Interaktionszusammenhänge zwischen Individuen angesprochen werden. Gemeint sind Positionen und Anforderungen von kollektiven Akteuren.

sondern durch einen Staatsbetrieb außerhalb des Verkehrssektors. Zunächst war Renault gegen die externe Rollenzuweisung machtlos. Der Firma fehlten schlicht die Argumente, mit denen sie den Zukunftsentwurf von EDF überzeugend hätte bestreiten können. Die Atmosphäre entsprach in jener Zeit, Anfang der 1970er Jahre, dem Glauben an ein neues gesellschaftliches Zeitalter, das gleichfalls eines technischen Wandels bedürfte. EDF hatte es offenbar verstanden, die sozialen Strömungen hinreichend mit seinem ökonomischen Anliegen zu verbinden. Der entscheidende Punkt, der Renault trotz der bescheidenen Rolle anfänglich ein Netzwerkelement werden ließ, war die Tatsache, dass Renault als Hersteller von Verbrennungsfahrzeugen wenig Erfahrung in der Elektrochemie besaß (Callon 1983: 150f.). Der Firma mangelte es daher am Expertenwissen, um die technische Prognose von EDF als wirtschaftspolitische Taktik zu entlarven bzw. umzudeuten (Callon 1987: 90).<sup>29</sup> Renault konnte dies nicht auf sich allein gestellt bewerkstelligen. Ebenso wie EDF benötigte der Autobauer ein Netz aus Verbündeten, um seine Sicht der Dinge zu etablieren. Dabei kam es allerdings weniger zu einer neuen Gegen-Konstellation, als vielmehr zum „Verrat“ von EDF-Verbündeten unter tatkräftiger Mitwirkung Renaults. So wurde zum einen die schiere Möglichkeit der verkehrstechnischen Elektrifizierung bestritten. Noch ungelöste Probleme, wie der Mangel an einer Infrastruktur zur Ersetzung der verbrauchten Elektrolyten, boten hier die Vorlage. Zum anderen stellte Renault die Aufrichtigkeit der Argumente in Abrede. Der technische Sachverstand der Elektrochemiker wandelte sich in der Darstellung Renaults zu ökonomischem Vermarktungswillen und sozialem Machtinteresse. Aus Sicht Renaults war es anmaßend, die Öllobby als Gewährleisterin der herkömmlichen Versorgungsstruktur herauszufordern (Callon 1983: 151). Der Position von EDF stellte Renault seine eigene technische Kompetenz entgegen, die für sich in Anspruch nahm, „das Rad nicht neu erfinden“ zu müssen. Der Verbrennungsmotor hatte aus dieser Sicht noch genügend technisches Potenzial, um den sozialen Wünschen seiner Nutzer zu entsprechen. Ja selbst den Ideen der Kritiker, so Renault, könne Rechnung getragen werden, indem man den neuen Fahrzeugen, abgesehen von der Antriebsquelle, eine „hohe Dosis Elektronik injiziere“ (ebd.: 152).

### **3.6 EDF und Renault heute**

Weder für EDF noch für Renault war das Thema Elektroantrieb mit der gescheiterten Liaison der 1970er Jahre endgültig erledigt. Im Gegenteil, EDF führte 1993 einen 18-monatigen Langzeitversuch in La Rochelle durch. Die 50 Elektromobile, die hierbei getestet wurden, stammten indes von Peugeot und Citroën. Mit über 1.000 Fahrzeugen besaß EDF in den 1990er Jahren die weltgrößte Flotte von E-Mobilen (Vester 1999: 247f.). Nichtsdestotrotz ist der damalige Versuch, die französischen Städte zu Oasen dieses alternativen Antriebs-

---

29 Callons Schilderung gilt insbesondere im ersten Text (1983) den wechselseitigen Bezügen zwischen technischen und sozialen Aspekten. Dabei ist ihm wichtig, dass die Kompetenz, diese Bezüge herzustellen und zu ändern, von den Akteuren selbst in den praktischen Auseinandersetzungen zustande gebracht wird, nicht erst nachträglich durch die Sozialwissenschaft (Callon 1983: 157). Auch „Techniker“ nutzen daher sozio-politische Argumentationsschemata, was zur heterogenen Gemengelage der Motive beiträgt. Leider erfahren wir aus den Texten Callons wenig über die konkreten Anstrengungen, die Renault unternehmen musste, um sich seinerseits eine Expertise anzueignen und EDF Paroli zu bieten.



systems zu machen, klar gescheitert. Insgesamt fanden in Frankreich sechs Flottenversuche statt, an denen zusammen rund 500 Elektrofahrzeuge beteiligt waren. Damit wurde Frankreich zwar Spitzenreiter in Europa, aber auf einem vergleichsweise bescheidenen Niveau (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Europäische Flottenversuche mit batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen**

Land	Anzahl der Versuche	Anzahl der Fahrzeuge
Frankreich	6	528
Deutschland	8	369
Großbritannien	3	203
Österreich	6	194
Italien	9	120
Schweiz	7	79
Norwegen	1	69
Finnland	2	52
Schweden	3	30
Niederlande	4	27
Spanien	5	16
Belgien	2	10

**Quelle: Vester 1999: 248**

Einer der sechs französischen Versuche wurde gar von Renault selbst durchgeführt. Auf Dauer konnte man sich der elektrischen Alternative wohl nicht gänzlich verschließen. Im Oktober 1997 wurden 50 Clio-Electrique in der Stadt Saint-Quentin getestet (Vester 1999: 248).

## 4. VEL und CUTE im Vergleich

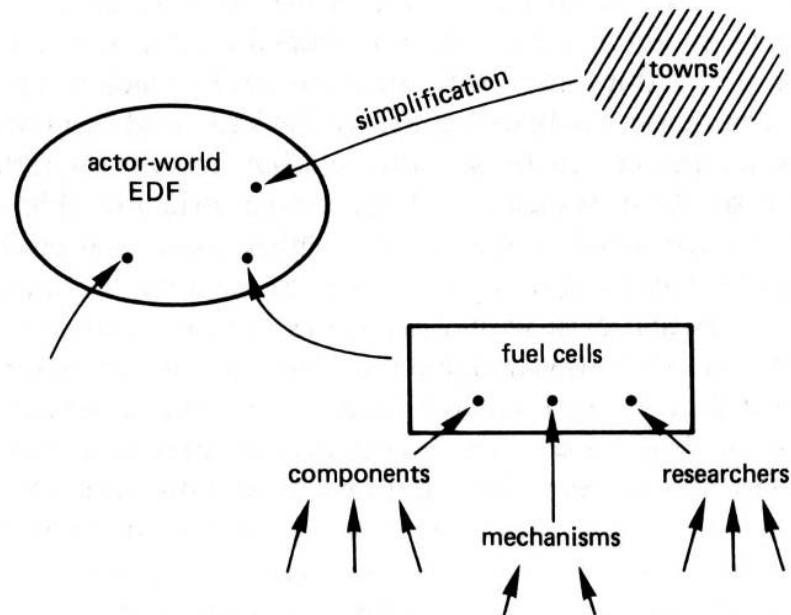
Die Parallelen zwischen dem gescheiterten VEL-Projekt und dem gegenwärtigen CUTE-Projekt liegen vor allem bei der inhaltlichen Thematik. Der analytische Zugriff unterscheidet sich hingegen in wesentlichen Punkten, auf die ich im Anschluss eingehe.

Eine deutliche Parallele besteht in der Strategie, den Nischenmarkt des öffentlichen und städtischen Personenverkehrs als Sprungbrett für die Verbreitung der Antriebstechnik zu nutzen. Dem CUTE-Projekt recht ähnlich, kommt es infolgedessen zur Bildung des „techno-ökonomischen Netzwerkes“ dessen „Pole“ bzw. Motive dreierlei Art sind: wissenschaftliche Entwicklungsziele, technische Umsetzungsbemühungen und ökonomische Vermarktungsinteressen (Callon 1991, 1992). Im Zuge der versuchten Vertrauensbildung kann es zu vielfältigen sozio-politischen Koalitionen kommen, die zugleich immer auch Gefahr laufen, an widersprüchlichen Problemstellungen zu zerbrechen.

Callons Konzept bietet den Vorzug, dass die Haltung der potenziellen Nutzer als Bestandteil des Innovationsprozesses eine konstitutive Rolle spielt (Callon 1986: 23). Der Kontext entwickelt sich gewissermaßen mit der Innovation (Latour 1991: 116f.). Dies ist ein zentraler Grund, weshalb die Fragen über die technische Entwicklung des Artefakts hinausführen. Mit welchen Augen nimmt der Benutzer das Artefakt wahr? Was für eine soziale und politische Atmosphäre ist vorherrschend? Callon stellte diese Fragen und kam hinsichtlich des VEL-Projekts zu dem Schluss, dass nicht nur die Koalition mit Renault misslang, sondern, und das war entscheidend, die in Frage kommenden Benutzer ebenfalls „die Seiten wechselten“. Renault war ein „Netzwerker“ in eigener Sache, der offenbar bessere Verbindungen zu Frankreichs Autofahrern herzustellen wusste und die sozialen Bewegungen ignorieren konnte. Das kleine Zeitfenster, in dem EDF kurzfristig als Sieger der Geschichte dastand, erklärt sich aus seinem Übergewicht an relevantem Wissen zur Innovation neuer Batterien, aber auch aus der vertrauensserweckenden Gesamtsituation. Das Wissen stellte EDF jedoch nicht selbst, sondern bezog es von seinen Verbündeten. Mit seiner Stellung im Verbund konnte EDF die Sicht der Nutzer und die Zeichen der Zeit in einem Moment auf ein Ziel fokussieren: dem VEL (Callon 1983: 153).

Das Problem besteht darin, Experten mit verschiedenen Motiven für ein gemeinsames Projektziel zu gewinnen. Dabei gibt es mehrere Hindernisse. Beim VEL-Projekt lag das Problem darin, dass nicht alle Relevanzen integriert werden konnten. Callon verdeutlichte diesen Integrationsversuch in einem einfachen Schaubild (siehe Abbildung 10). Sowohl die kontextuellen Gegebenheiten (z.B. das urbane Einsatzgebiet) als auch die technischen Inhalte (z.B. die zu entwickelnden Brennstoffzellen) müssen so „vereinfacht“ werden, dass sie zu dem Weltbild der visionären Projektion passen. Dies war bei den Wünschen der Stadtbewohner und den Zielen der Elektrochemiker noch halbwegs möglich, doch eine Weltfirma und ein Nationalsymbol wie Renault ließ sich nicht auf einen Komponentenhersteller reduzieren.

Abbildung 10: Zusammenstellung einzelner Komponenten in der sozio-technischen Konstellation der „Akteur-Welt“ EDF



Quelle: Callon 1986: 29

#### 4.1 Differieren ist Handwerk, Integrieren ist Kunst!<sup>30</sup>

Das Problem gipfelt in der materiellen Integration der unterschiedlichen sozialen Ansprüche an die Technik. Bruno Latour zeigt anhand einer anderen französischen Innovation, dem ARAMIS-Projekt, dass es technisch nahezu unmöglich sein kann, sämtlichen Zielen der teilnehmenden Experten Rechnung zu tragen (Latour 1996b, 1998b). Dabei handelte es sich um ein innovatives Nahverkehrskonzept, das die widersprüchlichen Vorzüge des schienengebundenen Verkehrs und des Individualverkehrs in Form von flexiblen, kombinierbaren Schienenwagons verbinden sollte. Der zeitliche und politische Rahmen entsprach in etwa dem VEL-Projekt. „1973 erstmals der Presse vorgestellt, hatte ‚Aramis‘ als Forschungsprojekt 15 Jahre Bestand, bevor es nach unzähligen Modifikationen 1987 endgültig eingestellt wurde.“ (Meyer 2005: 201) Bereits von der ersten Planung an existierten schicksalsträchtige Beziehungen zwischen der technischen Machbarkeit und der sozio-politischen Erwünschtheit. Obwohl eine Versuchsstrecke in Sichtweite des Pariser Eiffelturms errichtet wurde und Demonstrationsfahrten mit politischen Repräsentanten stattfanden, scheiterte das Projekt auf ganzer Linie. Solange die Technik nur als Idee bestand, schien sie hinreichend diskutabel, um allen Anforderungen zu entsprechen. Als es dann jedoch an die

<sup>30</sup> Eigentlich handelt es sich hierbei um eine alte Mathematik-Weisheit, die jedoch auch im Sozialen ihre Berechtigung zu haben scheint.

Umsetzung ging, ließen sich die Widersprüche technisch nicht integrieren. Die sprichwörtliche „eierlegende Wollmilchsau“ blieb eine Illusion (ebd.: 213).

## **4.2 Können wir aus der Vergangenheit lernen?**

Schauen wir aus dieser Perspektive auf das VEL- und das CUTE-Projekt, treten ähnliche Mechanismen zu Tage und damit auch ähnliche Gefahren. Wir sehen, was alles angestellt wird, um das Vertrauen der Nutzer in Batterien bzw. Brennstoffzellen zu stärken. Die unterschiedlichsten Relevanzsysteme werden in Einklang gebracht, um der Innovation nicht nur eine technische, sondern auch eine soziale Zukunft zu eröffnen. Dass dies nicht immer kooperativ abläuft, zeigt der Konflikt zwischen den französischen Elektrochemikern, der eine gewisse Ähnlichkeit zur unentschiedenen Konkurrenz zwischen Elektrolyse- und Reformierungs-Anhängern beim CUTE-Projekt aufweist.

Einen Unterschied zwischen den Fallbeispielen zeigt die inhaltliche Ebene. Beim VEL- und ebenso beim ARAMIS-Projekt, handelte es sich um Projekte in nationalem Rahmen. EDF war ein französischer Staatskonzern. Auch der politische Einfluss des „Pariser Mai“ des Jahres 1968 sowie das Selbstbewusstsein der „Grande Nation“ dürften nicht ganz unerheblich gewesen sein. Das CUTE-Projekt reicht hingegen bis auf die internationale Ebene der Europäischen Union hinauf und zeigt Auswirkungen bis hin zum globalen Maßstab.<sup>31</sup> Nach „unten hin“ setzen sich Callons Analyseebenen allerdings wie beim CUTE-Projekt bis auf die örtlichen Einheiten der städtischen Ebene fort, vorüber Callon indes wenig Worte verliert. Eine zweite, wesentliche Unterscheidung resultiert aus der anderen Zeitperspektive, die ich hinsichtlich des CUTE-Projekts eingenommen habe. Callon liefert uns eine ex post Perspektive, indem er den Zeitraum zwischen 1960 und 1975 betrachtete. Auch Latour nimmt eine nachträgliche Gesamtschau vor. Der Versuch, BZ-Busse als „gatekeeper“ für die Markteinführung der mobilen Brennstoffzelle einzusetzen, befindet sich dagegen in vollem Gange. Es ist daher nur möglich, eine Momentaufnahme zu liefern, welche schon zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht mehr aktuell sein kann. Mögliche Ziele kann man so nur *ex ante* vorformulieren. Dies muss allerdings kein Nachteil sein. Im Zuge seiner Analyse kommt Callon selbst zu dem Schluss, dass es fruchtbarer sein kann, sozio-technische Debatten in ihrer Entwicklung zu studieren, wenn die Standpunkte noch verhandelbar, die Perspektiven noch offen sind:

*„Die Erklärung im Sinne von Interessen wird erst a posteriori möglich, aber dann ist sie nur eine einfache Tautologie oder ein scharfsinniges theoretisches Artefakt, da sie eine Serie von Ereignissen als Notwendigkeit ausgibt, deren Ineinandergreifen geduldig und lange verhandelt worden ist.“* (Callon 1983: 158)

Techniksoziologische Studien, die am Ende solcher Entwicklungen ansetzen und gleichsam mit dem Endergebnis beginnen, vergleicht er gar mit Schlachtfeldbegehungen am Tage nach der Schlacht (ebd.: 159).

---

31 Das CUTE-Projekt hat Ableger in Australien, China und Island (EvoBus GmbH 2006b).

## 5. Zukünftige Verkehrsvorhaben als Inseln im Möglichkeitsraum

Die Entwicklung im Bereich der mobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellenanwendung ist heute schon weiter gediehen als die Idee des französischen Elektroantriebs, die sich jenseits von Entwicklungsansätzen und Organisationsnetzwerken nicht verwirklichen ließ. Bis jetzt sind bereits mehrere Pilotprojekte wie CUTE umgesetzt worden. Dennoch lassen sich Parallelen zu den Vorgänger-Beispielen ziehen.

### 5.1 Der Symbolgehalt von Wasserstoff

Heute wie damals werden große Mühen in die Einbettung der lokalen Initiativen in die überlokalen Visionen investiert. Auf der einen Seite ringen lokale Akteure mit dem Thema um das Ansehen als Innovationsstandort. Wasserstoff entwickelt schon als reines Symbol eine erhebliche Wirkmächtigkeit. So werben etwa die Vertreter des Stadtstaates Hamburg für ihre „Wasserstoff-Metropole“ (Freie und Hansestadt Hamburg 2006). Sie knüpfen damit an die Verbindung zwischen Standort- und Wissenschaftspolitik an, die man im CUTE-Projekt mit der Kunst-Formel „HH<sub>2</sub>“ bemüht (Christmann/Ring 2004). Auch in kleineren Orten, wie dem nordrheinwestfälischen Herten, wirbt man mit der Bezeichnung „Wasserstoff-Stadt“ (HyBikeHerten 2007).<sup>32</sup> Auf der anderen Seite ließ die deutsche Bundesregierung einen nationalen Entwicklungsplan zum „Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ verfassen, der helfen soll, die jeweiligen Projektspezifikationen zu bündeln und zu koordinieren (Strategierat Wasserstoff Brennstoffzellen 2007). Auf dieser überlokalen Ebene will man sich die örtlichen Initiativen zunutze machen, indem man sie als Multiplikatoren begreift und auf ihre Ausstrahlungskraft setzt.<sup>33</sup>

### 5.2 Nischen als Zündfunken

Das Problem, eine Infrastruktur bedingende Innovation wie den Brennstoffzellenantrieb synchron mit einer innovationsbedingten Infrastruktur starten zu lassen, hier die Wasserstoffversorgung, ist ein so genanntes ‚Henne-Ei-Problem‘:

*„Erst wenn viele Wasserstofffahrzeuge auf den Straßen unterwegs sind, lohnt es sich, auch die Tankstellen umzurüsten – und umgekehrt kauft niemand ein Wasserstoffauto, wenn es nicht genügend Tankstellen dafür gibt.“* (Schulz/Przybyl/Schnell 2005: 79)

Dieser Teufelskreislauf könnte, so das Kalkül von Regierenden und Teilhabern, durch einzelne, aber werbewirksame Initialzündungen auf jeweils steuerbarem Niveau durchbrochen

---

32 Die Fahrradstation HyBikeHerten organisiert in Zusammenarbeit mit Herstellern sowie politischen Einrichtungen unterschiedlicher Ebenen Radtouren per brennstoffzellenbetriebenen Elektrofahrrad. Die Routen richten sich nach den touristischen Highlights der Region.

33 Im März 2007 nahm auch in Berlin im Rahmen von CUTE eine Wasserstoff-Tankstelle ihren Betrieb auf. Zwar arbeiten die Busmotoren hier mit dem Wasserstoff als direktes Verbrennungsmittel, jedoch ohne vorherige Umwandlung zu Elektrizität in der Brennstoffzelle. Die Tankstelle selbst besitzt allerdings zwei Brennstoffzellen zur eigenen Energieversorgung. Daher wird nun auch in Berlin mit dem Titel „Wasserstoff-Metropole“ geworben (Pätzold 2007).

werden. Ein Argument für den Start des CUTE-Projekts war die im öffentlichen Nahverkehr zentralisierbare Wasserstoffversorgung, bei gleichzeitig weitreichender Demonstrations-Wirkung gegenüber Personal, Fahrgästen und Besuchergruppen. Damit versucht man die Grundlagen der Brennstoffzelle, allen voran die Nutzung von Wasserstoff als Antriebsmittel, zunächst in einer Nische zu forcieren, mit der Hoffnung, dass sich daraus schließlich eine breite Vertrauensbasis entwickelt.<sup>34</sup> Die Idee einer Initialzündung, auch „Leuchtturmprojekt“ genannt, strahlt aber nicht nur nach außen ab, sondern verschafft auch inhärente Erfahrungs- und Erkenntnisgewinne. Ich vergleiche dies wiederum mit dem Öffnen bzw. der „Erleuchtung“ einer Blackbox. Man macht sich die Alltäglichkeiten wie den Busbetrieb zunutze, indem man die Brennstoffzellentechnologie als „Add-On“ in die herkömmlichen Konstellationen integriert. Damit versucht man den Widerspruch aufzulösen, dass etwas Neuartiges entstehen soll, das aber erst als Einbettung in das Bestehende erfolgreich sein kann. Wir haben gesehen, dass sowohl die Experten als auch die Laien die vormals verborgenen technischen Möglichkeiten und Grenzen wortwörtlich „erfahren“ müssen, damit die Innovation vertraut wirkt und schließlich als Normalität integriert wird.

### **5.3 Die Schaffung eines Verhandlungsraums**

Die Ausstrahlungskraft der Wasserstoff- und Brennstoffzelleninnovation hängt jedoch nicht zuletzt auch von den Argumenten ihrer Kritiker ab. Die Entwicklungsgeschichte des französischen Elektrofahrzeugs zeigte uns die schicksalhafte Bedeutung von Gegenpositionen. Heute lässt sich feststellen, dass es neben den exogenen Kritiken, die sich von vorneherein gegen die Abkehr vom ölbasierten Verbrennungsmotor stellen, auch nachdenkliche Stimmen aus den Reihen der Befürworter einer nachhaltigen Energiepolitik gibt. Unter dem Druck der Klima- und Ressourcendebatte reicht es schon lange nicht mehr aus, die Hoffnung auf Wasserstoff- und Brennstoffzelle per se als illusorisch abzutun. So finden sich Stellungnahmen, die zwar der Entwicklung der Brennstoffzelle skeptisch gegenüber stehen, aber gleichwohl nicht umhin kommen, sich mit der „Blackbox“ auseinander zu setzen. Auf diese Weise tragen sie zur Problematisierung des Vertrauten bei. Im Rückblick auf das französische Beispiel sind die neuen und zugleich alten Hoffnungsträger interessant, die als Reaktion ins Feld geführt werden:

*„Hohe Verluste bei der Erzeugung, schwierige Speicherbarkeit, teure Brennstoffzellen – viel spricht dafür, dass Wasserstoff noch lange, vielleicht für immer, eine Technologie bleiben wird, deren endgültiger Durchbruch jeweils für das nächste oder übernächste Jahrzehnt versprochen wird. Wenn ihr nicht vorher noch eine alte Bekannte den Todesstoß versetzt: die wiederaufladbare Batterie, auch Akku genannt.“* (Schäfer 2006)

Was im Frankreich der 60er und 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts als Einstieg zum späteren Durchbruch in den postfossilen Antrieb propagiert wurde – erst Batterie, dann Brennstoffzelle – wird nun als Alternative verstanden. Nachdem der Fortschritt, dank der Mikroelektronik der Handys und Laptops, auch bei der Akkumulatorentechnik nicht halt machte, überholt hier eine Innovation die andere. Experten halten es für möglich, dass

---

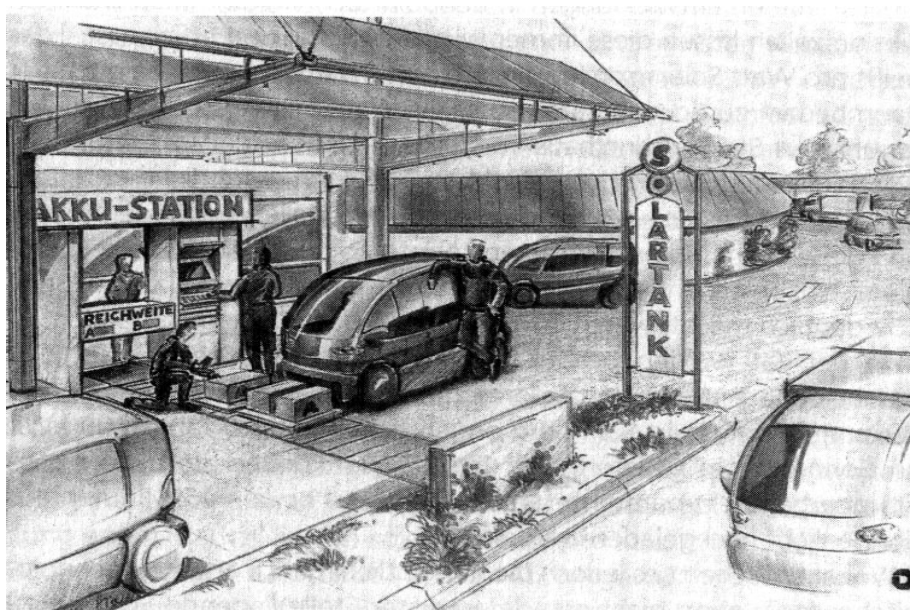
<sup>34</sup> Zur Strategie technologischer Nischennutzung siehe etwa Geels (2004).

moderne Akkus künftig in Leistungsbereiche vorstoßen könnten, denen gegenüber die Elektrolyse zur Gewinnung von Wasserstoff und seine Rückumwandlung zu Elektrizität in der Brennstoffzelle, ein unnötiger Umweg ist (Schäfer 2006).

*„Ich hätte nicht die geringsten Hemmungen, die Brennstoffzelle durch eine Batterie zu ersetzen“, erklärt etwa Daimler-Forschungschef Herbert Kohler – hält aber die Leistungsfähigkeit der Stromspeicher noch lange nicht für ausreichend.“ (Wüst 2007b: 153)*

Kalifornische Wissenschaftler versuchen einem Fahrzeug durch die Mammutbatterie von 6.831 Laptop-Akkus Ferrari-ähnliche Leistungen zu entlocken. Ähnlich wie bei der Idee des VEL knüpft man an die Tatsache an, dass zu Beginn der Automobilgeschichte ein Großteil der Fahrzeuge elektrisch betrieben wurde. Dem versucht man nun auch vom Image her Rechnung zu tragen, indem das Auto nunmehr als moderner Sportwagen und nicht länger als alternatives Öko-Mobil konzipiert wird (Wüst 2007a, 2007b). Auch hier ist also eine Strategie der Implementierung des Neuen in vertraute Konstellationen zu beobachten (siehe Abbildung 11).<sup>35</sup>

**Abbildung 11: Postfossile Tankstelle nach der Schweizer Gruppe „Idea-Team“<sup>36</sup>**



Quelle: Vester 1999: 152

Dies zeigt, dass die Projektion von Zukunftsvisionen an der Prognostizierbarkeit ihrer technischen Elemente scheitern kann. Das sequentielle Phasendenken einer Zukunftsvision ist

35 Indes scheint die Entwicklung des kalifornischen „E-Roadster“ vorerst zu stocken. Wenngleich Prominente, wie Hollywood-Star George Clooney und Kaliforniens Gouverneur Arnold Schwarzenegger Bestellungen aufgaben, musste die Auslieferung der ersten Modelle wegen technischer Probleme mehrfach verschoben werden (DER SPIEGEL 1/2008: 112).

36 Ohne Zwischenschritte über den Energieträger Wasserstoff wird der Solarstrom direkt vermarktet. „Als Speicher für derartige Solartankstellen können [...] leichte Hochleistungsbatterien dienen, die ähnlich wie Steckmodule einfach ausgetauscht werden, oder auch Zink-Luftbatterien, in die rezyklierte Elektrolytflüssigkeit eingefüllt wird.“ (Vester 1999: 152)

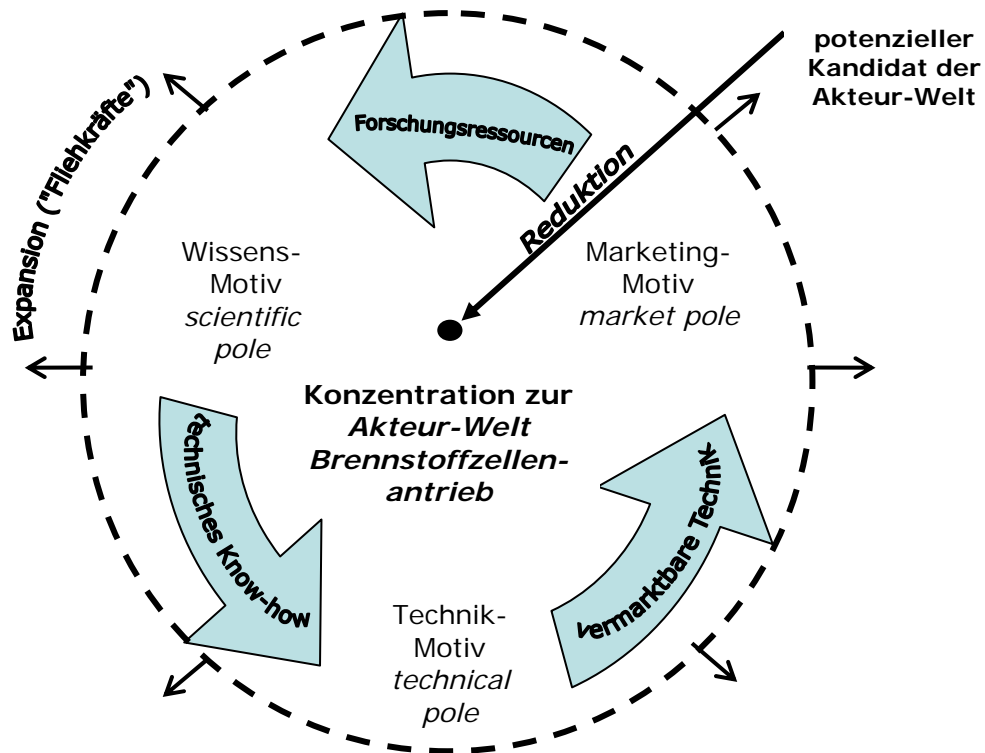
nicht haltbar, wenn es zur Parallelentwicklung kommt, im Zuge dessen die Entwicklungen miteinander konkurrieren, anstatt sich zu ergänzen. Welche Entwicklung sich letztlich durchsetzt, ist, neben den technischen Parametern, auch von der sozialen Publicity um die Innovation abhängig. Das Medien- wie auch das Experteninteresse zum Thema Brennstoffzelle ist zwar nach wie vor präsent, doch angesichts seiner Hochphase kurz nach der Jahrtausendwende, eher verhalten bis ernüchternd (Ruef/Markard 2005). Der Erfolgsautor und Politikberater Jeremy Rifkin prophezeite damals eine weltweite Dezentralisierung und Demokratisierung durch den Energieträger Wasserstoff, weil damit die allgegenwärtige Rohstoffabhängigkeit überwunden werden könne (Rifkin 2002). Heute gibt man sich bescheidener. Es handelt sich bei den Visionen – ob als Schätzung oder eher als Wunsch – meist um die Idee eines auf Wasserstoff basierenden Wirtschaftszweigs, der langfristig das Öl als Antriebsgrundlage obsolet macht und damit nicht nur einzelnen Bussen, sondern Autos mit serienmäßigem Brennstoffzellenantrieb eine Zukunft eröffnet. Ob dieser Zukunftsentwurf auch unter dem Eindruck der neuerlichen Propagierung der Batterie aufrecht erhalten werden kann, hängt davon ab, ob die Befürworter der Brennstoffzelle die Entwicklung in ihre eigenen Konzepte integrieren können, um Alternativen den Boden zu entziehen.

#### **5.4 Neuland schaffen!**

Der vorgestellte Misserfolg und die aktuellen Parallelentwicklungen machen indes deutlich, wie schnell die Überzeugungskraft sozio-technischer Versprechungen schwinden kann, wenn sich die Konstellation aus Befürwortern und Widersachern ändert. Dies weist auf die hohe Bedeutung von politischen Bündnissen hin. Am CUTE- und am VEL-Projekt wird deutlich, dass es nicht so leicht ist, zunächst die Aufmerksamkeit der Wissenschaft zu erregen, damit die technischen Motive geschürt werden, um am Ende Marktinteressen zu stimulieren. Alle drei Seiten wirken von Anfang an mal mehr, mal weniger zusammen. Erst das Arrangement und die „Passung“ der Expertensysteme schaffen einen Verhandlungs- bzw. Möglichkeitsraum, den ich mit Callon als Akteur-Welt („actor-world“) bezeichne (Callon 1986). Ich halte diese Bezeichnung für sinnvoll, da sie zum einen deutlich macht, dass der Raum, im übertragenen Sinne, durch den Standort der Akteure aufgespannt wird und zum anderen eine ideelle Welt verkörpert, indem die bestehenden Verhältnisse zum Ausgangspunkt eines künftigen Weltbildes gemacht werden. Die Frage ist daher, welche Akteure bereit bzw. in der Lage sind, den Raum abzustecken und dem Zukunftsbild zu folgen. Callon bezeichnet diesen Akt als Vereinfachung („simplification“), was ich als Reduktion bzw. Konzentration begreife. Räumlich besteht sie aus einer Fokussierung der Werbe- und Forschungsmittel sowie des technischen Instrumentariums. Zeitlich äußert sie sich in der Projektion der Zwecke auf ein visionäres Zukunftsmodell, dem sich die Experten verschreiben. In Anlehnung an Callons Visualisierung der VEL-Komponenten (siehe Abbildung 10) sowie die Motive des CUTE-Beispiels, schlage ich folgende Modellvorstellung für die „Akteur-Welt Brennstoffzellenantrieb“ vor (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Die Insel im Möglichkeitsraum



Quellen: Callon 1986: 29, 1991: 133f., 1992: 73f.

Die Motivationen bedingen sich gegenseitig und sind nur analytisch trennbar: Aus Marketing-Motiven können Wissenschaftsprogramme gefördert werden. Das hierbei generierte Wissen kann in technische Entwicklungen einfließen, die wiederum vermarktet werden können. Schließlich kann die Aussicht auf Vermarktung die Unternehmen zu neuen Forschungsmitteln veranlassen. Der Begriff des Motivs bietet sich an, da er verdeutlicht, dass damit keine disziplinäre Akteursfestlegung einhergehen muss. Ein Motiv kann von mehreren Akteuren verfolgt werden, während ein Akteur unterschiedliche Motive verfolgen kann. Die Politik oder das Recht sind bei alledem intermediäre Elemente, mit denen versucht werden kann, den Kreislauf in Form von Wissenschafts-, Technologie- und Wirtschaftsförderung zu steuern.

Konkret ist eine Reduktionsleistung der beteiligten Experten notwendig aufgrund von

- begrenzten ökonomischen Ressourcen,
- bestimmten wissenschaftlichen Ausrichtungen und
- besonderen technischen Erfordernissen.

Die Bereitschaft der Experten zur Reduktion ist die Voraussetzung für die Expansion der Akteur-Welt als Vision des Brennstoffzellenantriebs. Dies gilt ebenso für jedes Einzelfallprojekt wie VEL oder CUTE, das dann als eine Subwelt verstanden werden kann. Sind die potenziellen Experten – z.B. Finanzierungs-, Forschungs- oder Konstruktionsstellen – nicht

in der Lage oder nicht willens, die Reduktionsleistung zu vollbringen, kann die Existenz der Akteur-Welt gefährdet sein. Dies gilt insbesondere dann, wenn ein Experte gefragt ist, der für eines der drei Motive besonders prädestiniert ist. Beispielsweise war Renault derjenige Akteur, der das technische Know-how des Chassis- und Karosseriebaus in die Akteur-Welt von EDF mitbringen sollte. Seine Kernkompetenzen im Bau von Fahrzeugen mit ölbasierendem Verbrennungsmotor waren hingegen nicht gefragt. Zu einer derartigen Reduktion seiner Ziele und Pläne war Renault nicht bereit. Der Akteur-Welt fehlte ein zentrales Element, weshalb schließlich auch andere Akteure die Zusammenarbeit mit EDF ablehnten oder sich davon distanzierten.

## 6. Fazit und Ausblick

Die Analyse der beiden Fallbeispiele führte mich zu einer zunächst paradox anmutenden Modellvorstellung. Die Expansion der Akteur-Welt, d.h. der Aufstieg einer technischen Idee zum gemeinsam verfolgten Ziel und die damit verbundene Ausbildung einer technischen Innovation setzt zunächst eine erhebliche Reduktionsleistung der beteiligten Experten voraus. Sie müssen gewissermaßen aus der Mannigfaltigkeit der möglichen zukünftigen Welten eine auswählen, in deren Sinne sie ihr Geld, ihr Wissen und ihre Technik investieren, ohne letztendliche Gewissheit über die Erfolgchancen haben zu können. Ist erstmal eine kritische Masse in Bewegung gesetzt, kann sich der Kreislauf verstärken und, im übertragenen Sinne, „expandierende Fliehkräfte“ freisetzen. Fehlen hingegen entscheidende Akteure, kann der Kreislauf nicht in Gang gehalten werden und den übrigen Akteuren fehlt die Motivation, überhaupt in der Akteur-Welt zu verbleiben. Sie fällt in sich zusammen. Die Weichenstellung zu einer einschneidenden und entscheidenden Konzentration von Mitteln und Zwecken betrachte ich als zentral bei der materiellen Verbreitung und sozialen Durchsetzung von Innovationen, die für die Entwicklung der Akteur-Welt unabdingbar sind.<sup>37</sup>

Wenn man die vorgestellten Ansätze der Blackbox und der Reduktion als Voraussetzung der Expansion akzeptiert, ergeben sich Hinweise für eine möglichst Erfolg versprechende Fortsetzung der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Entwicklung. Das Bild der Blackbox zeigt eine Ambivalenz zwischen Problematisierung und Vertrauensbildung auf. Einerseits zeigen die Beispiele, dass ein Bewusstmachen der inhärenten Funktionszusammenhänge für Experten wie Laien zu Projektbeginn unerlässlich ist. Andererseits sollte die angestrebte Zufriedenheit der Entwickler und die Akzeptanz der Anwender letztlich zu einer Situation führen, die Bruno Latour als „Blackboxing“ beschreibt, d.h. die Funktionszusammenhänge treten ihm Zuge ihrer Normalisierung wieder zurück „in die Dunkelheit“. Es zeichnet das Vertrauen in ihre Funktionalität aus, dass ihnen keine Aufmerksamkeit

---

37 Bruno Latour hat in seinem „Parlament der Dinge“ einige Prämissen umrissen, mit denen Entscheidungen über den Einbezug und Ausschluss von Menschen, Objekten und Phänomenen in Kollektive getroffen werden könnten (Latour 2001). Wenngleich bezweifelt werden darf, ob ein allgemeiner Konsens das geeignete Mittel in der Frühphase von technischen Innovationen ist, besteht die Parallele, dass hier ein Wirklichkeitsausschnitt über die Ein- und Ausgrenzung von Alternativen fortentwickelt werden muss, damit politische Entscheidungen getroffen werden können.

geschenkt zu werden braucht (Latour 1998a: 39ff., 2002: 222ff.). Geht man von diesem Verlauf aus, gilt es nicht nur, immer mehr Publicity um die Innovation Brennstoffzelle zu verbreiten, sondern sich auch auf die Zeit vorzubereiten, in der diese nicht mehr notwendig sein wird. Die prekäre Frage lautet, zu welchem Zeitpunkt der Umschlag zu verorten ist. Setzt man ihn zu früh an, sind die Neuartigkeit und womöglich auch die Risiken einer Technik den potentiellen Nutzern noch so bewusst, dass sie nicht stillschweigend akzeptiert wird. Setzt man ihn hingegen zu spät an, geht die Publicity womöglich ins Leere, oder reißt gar alte Wunden wieder auf. Dies ist wesentlich von den lokalen Einsatzbedingungen abhängig.

Sowohl auf der Experten- als auch auf der Laienebene gilt: schieres Durchboxen der Innovation ist kaum der Königsweg. Die meisten Laien werden die Technik bald wieder als Blackbox erleben, deren Raffinessen ihnen verborgen bleiben, es sei denn sie werden nachteilig durch diese beeinträchtigt. Die Experten stehen indes vor der ambivalenten Anforderung, den Weg der Brennstoffzellenanwendung nicht nur als Eroberungszug zu begreifen, sondern als Neulandgewinnung, die vor allem dem Neueinsteiger eine Selbstbeschränkung seiner ideellen und materiellen Potenziale abverlangt. Er wird nur dann „seine Fahne dort hissen“, wenn er bereit ist, andere Möglichkeiten auszuschließen.

## 7. Literaturverzeichnis

- Akrich, Madeleine; Latour, Bruno (1992): A Summary of a Convenient Vocabulary for the Semiotics of Human and Nonhuman Assemblies, in: Wiebe E. Bijker, John Law (Hrsg.), *Shaping Technology / Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge (Massachusetts)/London: MIT Press, S. 259-263.
- BUND Landesverband Hamburg e.V. (2007): *Urbanität und Klimaschutz in Hamburg*. [http://vorort.bund.net/hamburg/fileadmin/user\\_upload/projekte/Urbanitaet\\_und\\_Klimaschutz07\\_2007\\_bunt.pdf](http://vorort.bund.net/hamburg/fileadmin/user_upload/projekte/Urbanitaet_und_Klimaschutz07_2007_bunt.pdf), letzter Zugriff am 08.11.2007.
- Callon, Michel (1983): Die Kreation einer Technik. Der Kampf um das Elektroauto, in: Werner Rammert (Hrsg.), *Technik und Gesellschaft*. Jahrbuch Band 2. Frankfurt am Main: Campus, S. 140-160.
- Callon, Michel (1986): The Sociology of an Actor-Network. The Case of the Electric Vehicle, in: Michel Callon, John Law, Arie Rip (Hrsg.), *Mapping the Dynamics of Science and Technology. Sociology of Science in the Real World*. London: Macmillan Press, S. 19-34.
- Callon, Michel (1987): Society in the Making. The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis, in: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor J. Pinch (Hrsg.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge (Massachusetts)/London: MIT-Press, S. 83-103.
- Callon, Michel (1991): Techno-economic Networks and Irreversibility, in: John Law (Hrsg.), *A sociology of monsters: Essays on power, technology and domination*. London/New York: Routledge, S. 132-161.
- Callon, Michel (1992): The Dynamics of Techno-Economic Networks, in: R. Coombs, P. Saviotti, V. Walsh (Hrsg.), *Technological Change and Company Strategies. Economic and Sociological Perspectives*. London: Harcourt Brace Jovanovich Publishers, S. 72-102.
- Christmann, Birgit; Ring, Carola (2004): HH2: Hamburgs Wasserstoffprojekt. Ein Jahr Erprobung von Brennstoffzellenbussen – Erfahrungen mit der Wasserstofftechnologie im ÖPNV, in: *Der Nahverkehr. Öffentlicher Personenverkehr in Stadt und Region*, 22. Jahrgang, Nr. 11. Düsseldorf: alba-Verlag, S. 8-14.
- DaimlerChrysler (2002): Erster Citaro mit Brennstoffzellenantrieb in der Fahrerprobung. in: *Stadtverkehr. Fachzeitschrift für den öffentlichen Personen-Nahverkehr auf Schiene und Straße*. 47. Jahrgang, Nr. 3. Freiburg: EK-Verlag, S. 46.
- DaimlerChrysler (2003): *Fahrbericht eines BZ-Busses aus Madrid. Brennstoffzellenbusse – Rein ins Getümmel*. Pressemitteilung vom 01.12.2003, <http://www.energieportal24.de/modules.php?name=Sections&sop=viewarticle&artid=73>, letzter Zugriff am 09.05.2006.
- DaimlerChrysler (2005): *Wertvolle Erfahrungen. Ergebnisse aus dem Praxistest nach 700.000 Kilometern*. Hightech Report 1/2005, [http://www.daimlerchrysler.com/Projects/c2c/channel/documents/682161\\_hightechreport\\_01\\_2005\\_fuelcell\\_buses\\_g.pdf](http://www.daimlerchrysler.com/Projects/c2c/channel/documents/682161_hightechreport_01_2005_fuelcell_buses_g.pdf), letzter Zugriff am 09.05.2006.

- DaimlerChrysler (2006): Europäisches Brennstoffzellenbus-Projekt um ein Jahr verlängert. Pressemitteilung vom 02.03.2006, <http://www.daimlerchrysler.com/dccom/0-5-7145-49-596003-1-0-0-0-0-9-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0.html>, letzter Zugriff am 09.05.2006.
- DER SPIEGEL (1/2008): *Traum vom Elektrorenner*, Ausgabe vom 31.12.2007.
- EBZ – Entwicklungs- und Vertriebsgesellschaft Brennstoffzelle (2005): *Geschichte*. <http://www.ebz-dresden.de/de/fuelcell/history.html>, letzter Zugriff am 10.05.2006.
- EvoBus GmbH (2006a): *CUTE – Clean Urban Transport for Europe. Summary of Achievements*. A Hydrogen Fuel Cell Bus Project in Europe 2001-2006. Vision, Teamwork and Technology. Kurzfassung. Informationsbroschüre zur CUTE Konferenz “The Future of Clean Transportation” Hamburg, 10. und 11. Mai, 2006.
- EvoBus GmbH (2006b): *CUTE – Clean Urban Transport for Europe. Detailed Summary of Achievements*. A Hydrogen Fuel Cell Bus Project in Europe 2001-2006. Vision, Teamwork and Technology. Langfassung. Informationsbroschüre CUTE Konferenz “The Future of Clean Transportation” Hamburg, 10. und 11. Mai 2006.
- Feltz, George (2006): *CUTE – STEP – ECTOS. Operational results of the FC busses. Conclusion of the operators*. Ville de Luxemburg, Präsentation zur CUTE-Konferenz “The Future of Clean Transportation” Hamburg, 10. und 11. Mai 2006.
- Freie und Hansestadt Hamburg – Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) (2006): *Hamburg. Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie*, Hamburg.
- Geels, Frank W. (2004): Understanding System Innovations: A critical literature review and a conceptual synthesis, in: Boelie Elzen, Frank W. Geels and Ken Green (Hrsg.), *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*, Cheltenham: Edward Elgar, S. 19-47.
- Giddens, Anthony (1996): *Konsequenzen der Moderne*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Grotelüschen, Frank (2006): Sauber auf der ganzen Linie, in: *Berliner Zeitung – online*. <http://www.berlinonline.de/berliner-zeitung/archiv/.bin/dump.fcgi/2006/0513/wissenschaft/0005/index.html>, letzter Zugriff am 13.11.2007.
- Hamburg-Consult (2007): *Unternehmen/Auf einen Blick*. [http://www.hamburg-consult.de/web/hamburg-consult/de/rubrik6\\_id93.html](http://www.hamburg-consult.de/web/hamburg-consult/de/rubrik6_id93.html), letzter Zugriff am 19.11.2007.
- Hochbahn (2007): *Hamburg setzt weiter auf Wasserstoffe*. Presse-Information vom 13.02.2007. [http://www.hh2wasserstoff.de/\\_ZopeId/82915040A3GiEaJ1GQA/CUTE/HH2/News\\_und\\_Fahrtenrouten/Presseinfos/Fortsetzung\\_HH2/Fortsetzung%20HH2\\_2007.pdf](http://www.hh2wasserstoff.de/_ZopeId/82915040A3GiEaJ1GQA/CUTE/HH2/News_und_Fahrtenrouten/Presseinfos/Fortsetzung_HH2/Fortsetzung%20HH2_2007.pdf), letzter Zugriff am 19.11.2007.
- Höhler, Sabine (2002): *Nation im Zeitalter technischer Repräsentierbarkeit*. Das Zusammentreffen des Grafen von Zeppelin, seines Luftschiffes und des deutschen Volkes im „Wunder von Echterdingen“ 1908. in: Astrid Epp, Niels C. Taubert, Andrea Westermann (Hrsg.), *Technik und Identität. Tagung vom 7. - 8. Juni 2001 an der Universität Bielefeld*. IWT-Paper 26, Bielefeld, S. 14-32. <http://bieson.ub.uni-bielefeld.de/volltexte/2002/89/html/Hoehler.pdf>, letzter Zugriff am 17.08.2007.

- HyBikeHerten (Hrsg.) (2007): *Radeln Sie Wasserstoff*. Informationsbroschüre, <http://www.hybikeherten.de>, letzter Zugriff am 21.06.2007.
- Johansson, Thomas (2004): Stockholmer Brennstoffzellenbusse im Fahrgastverkehr, in: *Stadtverkehr. Fachzeitschrift für den öffentlichen Personen-Nahverkehr auf Schiene und Straße*. 49. Jahrgang, Nr. 2, Freiburg: EK-Verlag, S. 41.
- Kahlbaum, Georg W. A. (Hrsg.) (1900): *Justus von Liebig und Christian Friedrich Schönbein*. Briefwechsel 1853-1868. Leipzig: Barth.
- Karl, Astrid (2002): *Öffentlicher Verkehr im künftigen Wettbewerb*. Discussion Paper FS II 02-111, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung.
- Latour, Bruno (1991): Technology Is Society Made Durable, in: John Law (Hrsg.), *A Sociology of Monsters. Essays on Power, Technology and Domination*. London/New York: Routledge, S. 103-130.
- Latour, Bruno (1992): Where Are the Missing Masses? The Sociology of a few Mundane Artefacts, in: Wiebe E. Bijker and John Law (Hrsg.), *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Chance*. Cambridge (Massachusetts)/London: MIT Press, S. 225-257.
- Latour, Bruno (1996a): *Der Berliner Schlüssel. Erkundungen eines Liebhabers der Wissenschaften*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Latour, Bruno (1996b): *Aramis or the Love of Technology*. Cambridge (Massachusetts)/London: Harvard University Press.
- Latour, Bruno (1998a): Über technische Vermittlung. Philosophie, Soziologie, Genealogie, in: Werner Rammert (Hrsg.), *Technik und Sozialtheorie*. Frankfurt am Main: Campus, S. 29-82.
- Latour, Bruno (1998b): Aramis – oder die Liebe zur Technik. in: Werner Fricke (Hrsg.), *Innovationen in Technik, Wissenschaft und Gesellschaft*. Forum humane Technikgestaltung Band 19. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung, S. 147-164.
- Latour, Bruno (2001): *Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Latour, Bruno (2002): *Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Law, John; Callon, Michel (1988): Engineering and Sociology in a Military Aircraft Project. A Network Analysis of Technological Chance, in: *Social Problems*, 35, 3, Berkeley: University of California Press, S. 284-297.
- Lehmann, Alexander; Gnoth, Jan (2006): CUTE-Projekt international beendet – Fortführung in Hamburg!, in: *BahnInfo*, <http://www.bahninfo.de/archiv/meldung.php?artikelID=4254&suchen=seit&back=1>, letzter Zugriff am 13.11.2007.
- Lozano, Oscar Esbert (2006): *Integrating Fuel Cell Buses into the Bus Fleet*. Transports Metropolitans de Barcelona. CUTE-Konferenz “The Future of Clean Transportation” Hamburg, 10. und 11. Mai 2006.

- Meyer, Uli (2005): Entwicklungsperspektiven von ÖV und MIV – Von der Divergenz zur Konvergenz?, in: Oliver Schöller (Hrsg.), *Öffentliche Mobilität. Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 194-215.
- Pätzold, Patricia (2007): Auf dem Weg zur Wasserstoff-Metropole. TU Berlin erforscht mit großen Partnern umweltfreundliche Energieversorgung, in: *TU Intern*, 4/07, <http://www.tu-berlin.de/presse/tui/07apr/wasserstoff.htm>, letzter Zugriff am 22.05.2007.
- Rammert, Werner (2003): Technik in Aktion. Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen, in: Thomas Christaller, Josef Wehner (Hrsg.): *Autonome Maschinen*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, S. 289-315.
- Rammler, Stephan; Weider, Marc (Hrsg.) (2005): *Wasserstoffauto. Zwischen Markt und Mythos*. Münster: LIT.
- Rifkin, Jeremy (2002): *Die H<sub>2</sub>-Revolution*. Frankfurt am Main/New York: Campus.
- Ring, Carola; Rothgänger, Karl-Heinz (2004): Brennstoffzellenbusse im täglichen Linieneinsatz. in: *Mensch & Technik*. Nr. 3, Düsseldorf: VDI., [http://www.vdi.de/vdi/vvo/b\\_vereine/hamburg/magazin/10888/index.php](http://www.vdi.de/vdi/vvo/b_vereine/hamburg/magazin/10888/index.php), letzter Zugriff am 21.06.2007.
- Ruef, Annette; Markard, Jochen (2005): Zwischen Euphorie und Ernüchterung, in: *Soziale Technik*, 4/2005, S. 6-8.
- Schäfer, Karsten (2006): »Auf Wiedersehen, Wasserstoff«, in: *Technology Review*, 4/06, S. 50-57.
- Schulz, Philippe; Przybyl, Siegbert; Schnell, Patrick (2005): Einstieg in den Umstieg, in: Stephan Rammler, Marc Weider (Hrsg.), *Wasserstoffauto. Zwischen Markt und Mythos*. Münster: LIT, S. 77-105.
- Sperling, Daniel; Cannon, James S. (2004): *The Hydrogen Energy Transition. Moving toward the post petroleum age in transportation*. Burlington: Academic Press.
- Stadt Hamburg (o.D.): Einführung des Themas Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie, <http://212.227.3.56/uporthh/hhap/search.php?searchgroup=&searchorga=&measure=15>, letzter Zugriff am 19.11.2007.
- Strategierat Wasserstoff Brennstoffzellen (2007): *Nationaler Entwicklungsplan zum Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie*. Version 2.0 vom 27.02.2007, [http://www.nkj-ptj.de/index.php?index=86&cmd=download&filename=NEP\\_V2\\_0.pdf](http://www.nkj-ptj.de/index.php?index=86&cmd=download&filename=NEP_V2_0.pdf), letzter Zugriff am 25.01.2008.
- Sunnerstedt, Eva (2005): *CUTE Stockholm – Overview*. City of Stockholm, Präsentation zur CUTE-Konferenz in Stockholm am 19.09.2005, [http://www.fuel-cell-bus-club.com/modules/UpDownload/store\\_folder/News/2\\_-\\_Stockholm\\_experiences\\_overview\\_sunnerstedt\\_-\\_CUTE\\_Conference\\_19Sept2005.pdf](http://www.fuel-cell-bus-club.com/modules/UpDownload/store_folder/News/2_-_Stockholm_experiences_overview_sunnerstedt_-_CUTE_Conference_19Sept2005.pdf), letzter Zugriff am 10.04.2008.
- Traufetter, Gerald (2006): Wälder im Tank. in: *DER SPIEGEL*, Nr. 12 vom 20.03.06, S. 148-150.

- TUHH – Technische Universität Hamburg-Harburg (1991): Ozon in Wissenschaft, Umwelt und Bibliothek,  
<http://www.tu-harburg.de/b/hapke/ozon.html>, letzter Zugriff am 10.05.2006.
- Vester, Frederic (1999): *Crashtest Mobilität. Die Zukunft des Verkehrs: Fakten, Strategien, Lösungen*. Aktualisierte Neuauflage, München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Weber, Max (1995/1919): *Wissenschaft als Beruf*. Stuttgart: Reclam.
- Weider, Marc; Metzner, André; Rammner, Stephan (2003): Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie- und Wirtschaftspolitik. Darstellung der öffentlichen Förderprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan. Discussion Paper SP III 2003-114, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung,  
<http://bibliothek.wz-berlin.de/pdf/2003/iii03-114.pdf>, letzter Zugriff am 17.08.2007.
- Weider, Marc; Metzner, André; Rammner, Stephan (2004): *Das Brennstoffzellen-Rennen. Aktivitäten und Strategien bezüglich Brennstoffzelle und Wasserstoff in der Automobilindustrie*. Discussion Paper SP III 2004-101, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung,  
<http://skylla.wz-berlin.de/pdf/2004/iii04-101.pdf>, letzter Zugriff am 17.08.2007.
- Wüst, Christian (2007a): Sause mit Starkstrom, in: *DER SPIEGEL*, Nr. 21 vom 21.05.07, S. 136-138.
- Wüst, Christian (2007b): Suche nach dem Wunderakku, in: *DER SPIEGEL*, Nr. 48 vom 26.11.07, S. 152-154.



Veröffentlichungsreihe der Abteilung „Innovation und Organisation“  
des Forschungsschwerpunktes Organisationen und Wissen am  
Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung

elektronisch verfügbar unter:

[http://www.wzb.eu/publikation/discussion\\_papers/liste\\_discussion\\_papers.de.htm](http://www.wzb.eu/publikation/discussion_papers/liste_discussion_papers.de.htm)

2000

- FS II 00-101 Sabine Helmers, Ute Hoffmann & Jeanette Hofmann. Internet ... The Final Frontier: An Ethnographic Account. Exploring the cultural space of the Net from the inside, 124 S.
- FS II 00-102 Weert Canzler und Sassa Franke, Autofahren zwischen Alltagsnutzung und Routinebruch. Bericht 1 der choice-Forschung, 26 S.
- FS II 00-103 Mikael Hård und Andreas Knie, Getting Out of the Vicious Traffic Circle: Attempts at Restructuring the Cultural Ambience of the Automobile Throughout the 20<sup>th</sup> Century, 20 S.
- FS II 00-104 Ariane Berthoin Antal, Ilse Stroo and Mieke Willems, Drawing on the Knowledge of Returned Expatriates for Organizational Learning. Case Studies in German Multinational Companies. 47 S.
- FS II 00-105 Ariane Berthoin Antal und Meinolf Dierkes, Organizational Learning: Where Do We Stand? Where Do We Want to Go?, 33 S.

2001

- FS II 01-101 Katrin Böhling, Zur Bedeutung von „boundary spanning units“ für Organisationslernen in internationalen Organisationen, 34 S.

2002

- FS II 02-101 Ute Hoffmann und Jeanette Hofmann, Monkeys, Typewriters and Networks. The Internet in the Light of the Theory of Accidental Excellence, 24 S.
- FS II 02-102 Ute Hoffmann, Themenparks re-made in Japan. Ein Reisebericht, 26 S.
- FS II 02-103 Weert Canzler & Sassa Franke, Changing Course in Public Transport: The Car as a Component of Competitive Services. Choice-Research, Report No. 2, 58 S.
- FS II 02-104 Weert Canzler & Sassa Franke, Mit cash car zum intermodalen Verkehrsangebot. Bericht 3 der choice-Forschung, 67 S.
- FS II 02-105 Ariane Berthoin Antal, Meinolf Dierkes, Keith MacMillan & Lutz Marz, Corporate Social Reporting Revisited, 32 S.

FS II 02-106	Martin Gegner, Die Wege des urbanen Verkehrs zur Daseinsvorsorge, 63 S.
FS II 02-107	Meinolf Dierkes, Lutz Marz & Ariane Berthoin Antal, Sozialbilanzen. Konzeptioneller Kern und diskursive Karriere einer zivilgesellschaftlichen Innovation, 18 S.
FS II 02-108	Christiana Weber & Barbara Weber, Learning in and of Corporate Venture Capital Organizations in Germany. Industry structure, companies' strategies, organizational learning capabilities, 19 S.
FS II 02-109	Jeanette Hofmann unter Mitarbeit von Jessica Schattschneider, Verfahren der Willensbildung und Selbstverwaltung im Internet – Das Beispiel ICANN und die At-Large-Membership, 155 S.
FS II 02-110	Kathrin Böhling, Learning from Environmental Actors about Environmental Developments. The Case of International Organizations, 40 S.
FS II 02-111	Astrid Karl, Öffentlicher Verkehr im künftigen Wettbewerb. Wie ein inkonsequenter Ordnungsrahmen und überholte Finanzierungsstrukturen attraktive öffentliche Angebote verhindern, 60 S.
FS II 02-112	Thomas Sauter-Servaes & Stephan Rammler, Delaytainment an Flughäfen. Die Notwendigkeit eines Verspätungsservices und erste Gestaltungsideen, 83 S.
FS II 02-113	Ariane Berthoin Antal & Meinolf Dierkes, Organisationslernen und Wissensmanagement: Überlegungen zur Entwicklung und zum Stand des Forschungsfeldes, 39 S.
FS II 02-114	Ariane Berthoin Antal & Meinolf Dierkes, On the Importance of Being Earnest about Business: Overcoming liberal arts students' misconceptions about leadership in corporate change processes, 31 S.
FS II 02-115	Daniela Zenone, Das Automobil im italienischen Futurismus und Faschismus. Seine ästhetische und politische Bedeutung, 72 S.

## 2003

SP III 03-101	Ariane Berthoin Antal & Victor Friedman, Negotiating Reality as an Approach to Intercultural Competence, 35 S.
SP III 03-102	Ariane Berthoin Antal, Camilla Krebsbach-Gnath & Meinolf Dierkes, Hoechst Challenges Received Wisdom on Organizational Learning, 36 S.
SP III 03-103	Ariane Berthoin Antal & Jing Wang. Organizational Learning in China: The Role of Returners, 29 S.
SP III 03-104	Jeanette Hofmann, Die Regulierung des Domainnamensystems – Entscheidungsprozess und gesellschaftliche Auswirkungen der Einrichtung neuer Top Level Domains im Internet, 122 S.
SP III 03-105	Oliver Schöller & Stephan Rammler, „Mobilität im Wettbewerb“ Möglichkeiten und Grenzen integrierter Verkehrssysteme im Kontext einer wettbewerblichen Entwicklung des deutschen und europäischen Verkehrsmarktes – Begründung eines Forschungsvorhabens, 35 S.

SP III 03-106	Falk Berndt & Hermann Blümel, ÖPNV quo vadis? Aufforderung zu verkehrspolitischen Weichenstellungen im ÖPNV, 73 S.
SP III 03-107	Tobias Wölflé und Oliver Schöller, Die kommunale „Hilfe zur Arbeit“ im Kontext kapitalistischer Arbeitsdisziplinierung, 26 S.
SP III 03-108	Markus Petersen, Multimodale Mobilisations und Privat-Pkw, Ein Vergleich auf Basis von Transaktions- und monetären Kosten. Bericht 4 der choice-Forschung, 41 S.
SP III 03-109	Ariane Berthoin Antal & Victor J. Friedman, Learning to Negotiate Reality: A Strategy for Teaching Intercultural Competencies, 33 S.
SP III 03-110	Ute Hoffmann (Hg.), Reflexionen der kulturellen Globalisierung. Interkulturelle Begegnungen und ihre Folgen. Dokumentation des Kolloquiums „Identität-Alterität-Interkulturalität. Kultur und Globalisierung“ am 26./27. Mai 2003 in Darmstadt, 183 S.
SP III 03-111	Christiana Weber, Zeit und Zeitkompensation in der Entstehung und Entwicklung von Organisationskultur, 41 S.
SP III 03-112	Gerhard Prätorius & Christian Wichert, Integrierte Verkehrspolitik als Realtypus – mehr als die Summe von Teillösungen?, 60 S.
SP III 03-113	Christiana Weber & Barbara Weber, Corporate Venture Capital Organizations in Germany. A Comparison, 46 S.
SP III 03-114	Marc Weider, André Metzner & Stephan Rammner, Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie- und Wirtschaftspolitik. Darstellung der öffentlichen Förderprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan, 77 S.
SP III 03-115	Martin Gegner, Crash, Boom, Bang – Reload. Metamorphosen eines Softwareprojekts in Zeiten des New Economy-Hypes, 32 S.
SP III 03-116	Ying Zhu, Leapfrogging into Hydrogen Technology: China's 1990-2000 Energy Balance, 43 S.
SP III 03-117	Maria Oppen, Detlef Sack & Alexander Wegener, Innovationsinseln in korporatistischen Arrangements. Public Private Partnerships im Feld sozialer Dienstleistungen, 61 S.

2004	
SP III 04-101	Marc Weider, André Metzner & Stephan Rammner, Das Brennstoffzellen-Rennen. Aktivitäten und Strategien bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle in der Automobilindustrie, 137 S.
SP III 04-102	Ariane Berthoin Antal, The Centrality of ‚Between‘ in Intellectual Entrepreneurship, 27 S.
SP III 04-103	Martin Gegner, Die Auto-Referenz des öffentlichen Nahverkehrs – Selbst-, Konkurrenz- und Kundenbild im Marketing des Verbands Deutscher Verkehrsbetriebe, 102 S.
SP III 04-104	Holger Straßheim, Power in intercommunal knowledge networks. On the endogenous dynamics of network governance and knowledge creation, 37 S.

SP III 04-105	Marc Weider, China – Automobilmarkt der Zukunft? – Wie nachhaltig und zukunftsorientiert sind die Strategien der internationalen Automobilindustrie in China?, 73 S.
SP III 04-106	Ariane Berthoin Antal & Victor J. Friedman, Overcoming dangerous learning: The role of critical reflection in cross-cultural interactions, 26 S.
SP III 04-107	Felix Beutler, Intermodalität, Multimodalität und Urbanability – Vision für einen nachhaltigen Stadtverkehr, 36 S.
SP III 04-108	Gerhard Prätorius & Christian Wichert, Die Ergänzung der Haushalts- durch Nutzerfinanzierung von Verkehrsinfrastrukturen, 36 S.
SP III 04-109	Hermann Blümel, Mobilitätsdienstleister ohne Kunden. Kundenorientierung im öffentlichen Nahverkehr, 114 S.
SP III 04-110	Maria Brie & Hagen Pietzcker, NGOs in China – Die Entwicklung des Dritten Sektors, 53 S.
SP III 04-111	Anke Borcharding, Strategies, Programs, and Projects Pertaining to Policy on Transport. Research in Selected European States, the United States, and Japan (Short title: "SmartBench") Final Report on Sweden, 50 S.
SP III 04-112	Ariane Berthoin Antal & André Sobczak, Beyond CSR: Organizational Learning for Global Responsibility, 41 S.

## 2005

SP III 05-101	Martin Lengwiler, Probleme anwendungsorientierter Forschung in den Sozialwissenschaften am Beispiel der Ausgründung "choice", 59 S.
SP III 05-102	Maria Brie, Prozesse politischer Entscheidungsfindung in China. Die „Vierte Führungsgeneration“, 58 S.
SP III 05-103	Miriam Barnat, Lernen und Macht in einer Non-Profit Organisation, 50 S.
SP III 05-104	Roman Pernack, Öffentlicher Raum und Verkehr. Eine sozialtheoretische Annäherung, 46 S.
SP III 05-105	Ying Zhu, Energy and Motorization. Scenarios for China's 2005-2020 Energy Balance, 64 S.
SP III 05-106	Weert Canzler & Andreas Knie, Demografische und wirtschaftsstrukturelle Auswirkungen auf die künftige Mobilität: Neue Argumente für eine neue Wettbewerbsordnung im Öffentlichen Verkehr, 35 S.
SP III 05-107	Christiana Weber, Corporate Venture Capital als Beitrag zum Wissensmanagement – eine vergleichende Langzeitstudie in Deutschland, 55 S.

## 2006

SP III 06-101	Christian Maertins, Die Intermodalen Dienste der Bahn: Mehr Mobilität und weniger Verkehr? Wirkungen und Potenziale neuer Verkehrsdienstleistungen, 79 S.
---------------	---

- SP III 06-102 Kathrin Böhling, Tanja Busch, Ariane Berthoin Antal & Jeannette Hofmann, Lernprozesse im Kontext von UN-Weltgipfeln. Die Vergesellschaftung internationalen Regierens, 34 S.
- SP III 06-103 Martini, Stefan, Gibt es ein subjektives Recht auf öffentlichen Verkehr? Grundrechte statt Daseinsvorsorge, 61 S.

## 2007

- SP III 07-101 Ariane Berthoin Antal, Maria Oppen & André Sobczak, (Re)discovering the social responsibility of business in Germany, 33 S.
- SP III 07-102 Thomas Aigle, Lutz Marz, Automobilität und Innovation. Versuch einer interdisziplinären Systematisierung, 112 S.
- SP III 07-103 Stefan Kirchner, Maria Oppen, Das Ende der Reorganisationsdynamik? High Performance Work Practices als Muster der Reorganisation in Deutschland, 50 S.
- SP III 07-104 Oliver Schöller, Urbanität und Mobilität. Residenzwahl in der Zweiten Moderne, 24 S.
- SP III 07-105 Thomas Aigle, Philipp Krien, Lutz Marz, Die Evaluations-Matrix. Ein Tool zur Bewertung antriebs- und kraftstofftechnologischer Innovationen in der Automobilindustrie, 108 S.
- SP III 07-106 Thomas Aigle, Holger Braun-Thürmann, Lutz Marz, Kerstin Schäfer, Marc Weider, Mobil statt fossil. Evaluationen, Strategien und Visionen einer neuen Automobilität, 38 S.
- SP III 07-107 Jeanette Hofmann, Wandel von Staatlichkeit in digitalen Namensräumen – Zwischen Hierarchie und Selbstregulierung, 75 S.

## 2008

- SP III 08-101 Elke Wiechmann, Maria Oppen, Gerechtigkeitsvorstellungen im Geschlechterverhältnis – Das Beispiel „Elterngeld“, 44 S.
- SP III 08-102 Thomas Aigle, Ante Krstacic-Galic, Lutz Marz, Andrea Scharnhorst, Zu einem frühen Markt für alternative Antriebe, 162 S.

Bei Ihren Bestellungen von WZB-Papers schicken Sie bitte unbedingt einen an Sie adressierten **Aufkleber** mit, sowie je **Paper** eine **Briefmarke im Wert von Euro 0,55** oder einen **"Coupon Réponse International"** (für Besteller aus dem Ausland).

Please send a **self-addressed label** and **postage stamps in the amount of 0,55 Euro** or a **"Coupon-Réponse International"** (if you are ordering from outside Germany) for **each** WZB-Paper requested.

## Bestellschein

## Order Form

Wissenschaftszentrum Berlin  
für Sozialforschung gGmbH  
INFORMATION UND KOMMUNIKATION  
Reichpietschufer 50

D-10785 Berlin

### Absender • Return Address:

---

---

---

---

Hiermit bestelle ich folgende(s) Discussion Paper(s) • Please send me the following Discussion Paper(s)

**Autor(en) / Kurztitel • Author(s) / Title(s) in brief**

**Bestellnummer • Order no.**

--	--

